

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Sähkö- ja tietoliikenteen osasto

Juhani Villikka

**Kiinteän puhelinverkon merkinantoliikenteen kuorma
matkapuhelinkeskuksessa**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 7.11.2000.

Työn valvoja

Professori Jorma Virtamo

Työn ohjaaja

DI Matti Mentula

~~TKK Sähkö- ja
tietoliikenteen osaston kirjasto
Oulu 15.11.2000
23-11-2000~~

ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty Siemens Osakeyhtiön Informations and Communications toimialalle. Työn alkuperäisestä valmistumisaikataulusta jouduttiin luopumaan testijärjestelyongelmien myötä ja työn alkuperäistä laajuutta supistamaan, mutta vastoinkäymisistä huolimatta diplomityön käsittelemän testijärjestelmän toteuttaminen antoi minulle kokemusta uuden, aiemmin vieraan pilottiprojektin toteutuksesta. Jo projektin alussa olisi pitänyt huomioida käytettävissä olevat resurssit ja arvioida toteutusmahdollisuudet realistisemmin.

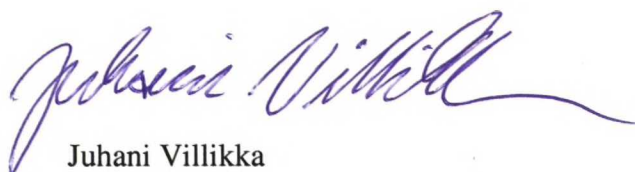
Kaikista viivästymisistä huolimatta haluan esittää kiitoksen työn ohjaajalle osastopäällikkö Matti Mentulalle sekä lähemmästä työhön perehtymisestä omalle esimiehelleni Markus Bergforsille. Apua työhön sain myös lukuisilta työkavereiltani. Erityisen kiitoksen haluan esittää Jarmo Karille kaupallisessa käytössä olevien matkapuhelinverkkojen toimintaan liittyvistä neuvoista sekä Peter Jahnille diplomityön aiheeseen liittyvästä Siemensin sisäisestä koulutusmateriaalista.

Testauksessa käytetyn laitteen käyttöönottoon liittyvien ratkaisevien neuvojen johdosta esitän kiitoksen laitteen maahantuojan edustajalle Mikael Lindforsille. Hänen neuvojensa avulla pääsin diplomityön käsittelemässä aiheessa käytännön mittauksiin ja sain testauslaitteiston lopulta toimimaan haluttujen vaatimusten mukaisesti.

Diplomityön kieliopin tarkastamisesta esitän kiitoksen Sanna Kiiskiselle.

Työn valvojana on toiminut professori Jorma Virtamo.

Espoossa 7.11.2000



Juhani Villikka

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Juhani Villikka	
Työn nimi:	Kiinteän puhelinverkon merkinantoliikenteen kuorma matkapuhelinkeskuksessa	
Päivämäärä:	3.11.2000	Sivumäärä: 125
Osasto:	Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto	
Professuuri:	S-38 Teletekniikka	
Työn valvoja:	Professori Jorma Virtamo	
Työn ohjaaja:	DI Matti Mentula	
<p>Tässä diplomityössä on perehdytty PSTN-rajapinnan kautta matkapuhelinkeskukseen yhteydessä olevien ISUP- ja TUP-merkinantosignaalointien kuormitusvaikutukseen sekä merkinantokanavassa että puhelinkeskuksessa ja selvitetty Siemensin EWSD-matkapuhelinkeskuksen kautta välitetyn kauttakulkuliikenteen välityskykyä molemmilla merkinannoilla.</p> <p>Puhelinverkkojen tarjoamien, käyttäjälle suunnattujen palvelujen edellytyksenä on, että verkossa käytetty merkinanto myös tukee näitä palveluita. Puhelinverkossa voi samanaikaisesti olla käytössä sekä uusien että vanhempien standardien mukaisia merkinantoja. Vanhempia verkko-osia päivitettäessä täytyy välityskapasiteetti myös mitoittaa vastaamaan uusia vaatimuksia, jottei poikkeavien puhelinliikennetilanteiden kohdalla törmätä liikennemäärien aiheuttamiin ylikuormitusongelmiin. Puhelinverkon ylikuormitusongelmat ovat tulleet entistä yleisimmiksi ja tämän välttämiseksi olisi järjestelmien kaikki pullonkaulat pystyttävä löytämään ajoissa.</p> <p>Työssä esitetyt mittaustulokset ovat peräisin testausolosuhteissa simuloimalla toteutetusta puhelinliikenteestä. Keskusjärjestelmän sisäisillä liikennemittareilla on seurattu puhelinliikenteen aiheuttamaa liikennekuormaa sekä haettu liikenteen välityskyvylle maksimirajoja. Lopputulos ei kerro suuresta erosta merkinantojen välisessä välityskapasiteetissa ja uudemman merkinannon aiheuttamat hardwaren päivitystarpeet jäävät minimiin.</p>		
Hakusanat:	Yhteiskanavamerkinanto, kauttakulkupuhelu, EWSD, liikennekuorma, ISUP, TUP	

**HELSINKI UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY**

**ABSTARCT OF THE
MASTER'S THESIS**

Author:	Juhani Villikka	
Name of the Thesis:	The signalling traffic load of the fixed network in a mobile exchange	
Date:	3.11.2000	Number of Pages: 125
Faculty:	Electrical and Communications Engineering	
Professorship:	S-38 Telecommunications Technology	
Supervisor:	Professor Jorma Virtamo	
Instructor:	M.Sc. Matti Mentula	
<p>In this Master's thesis we have studied the traffic load of the signalling channel by the ISUP and TUP signallings in a public telephone network connected to a Siemens EWSD mobile exchange via the PSTN interface and investigated the transfer capacity of the gateway exchange with these signallings.</p> <p>A condition for services supplied by a telephone network to the subscribers is that the network signalling also supports these services. In the telephone network the signallings complying the new and the older standards may be in use simultaneously. When upgrading the older network units one has to be able to dimension the switching capacity so that it corresponds to the new requirements and overload problems will not be encountered in different units of the exchange in case of unusual traffic conditions. Overload problems of the telephone network have become more usual and to avoid this all the bottlenecks of the systems should be identified in advance.</p> <p>The measurement results presented in the work were obtained with traffic in the test conditions generated by simulated calls. With the help of the internal traffic gauges of the exchange the traffic load caused by telephone traffic is followed and maximum limits for the throughput of the traffic are sought. The final results do not indicate a significant difference in the switching capacity requirements between the signallings and the hardware upgrade requirements due to the newer signalling are small.</p>		
Keywords:	Common channel signalling, transit call, EWSD, traffic load, ISUP, TUP	

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

ALKULAUSE	ii
DIPLOMITYÖN TIIVISTELMÄ	iii
ABSTRACT OF THE MASTER'S THESIS	iv
SISÄLLYSLUETTELO.....	v
LIITELUETTELO.....	vii
LYHENNELUETTELO	viii
1 JOHDANTO.....	1
1.1 TAUSTAA TYÖLLE	1
1.2 TAVOITTEET.....	2
1.3 RAJOITUKSET.....	3
2 PUHELINVERKKO	4
2.1 MATKAPUHELINVERKON RAKENNE.....	4
2.1.1 Tukiasemajärjestelmä, BSS (Base Station Sub-System).....	5
2.1.2 Keskusjärjestelmä, NSS (Network and Switching Sub-System)	6
2.1.3 Käytön hallintajärjestelmä, OSS (Operation Sub-System)	9
2.2 ERI VERKKO-OSIEN VÄLISET MERKINANTOPROTOKOLLAT	10
2.2.1 Yhteydet toisten puhelinkeskuksien välillä.....	10
2.2.2 Interworking.....	11
3 YHTEISKANAVAMERKINANTO	12
3.1 MERKINANTOKOhteet	12
3.2 PCM-YHTEYDEN VÄLITYSKYKY	14
3.3 YHTEISKANAVAMERKINANNON STANDARDOINTI	15
3.4 YHTEISKANAVAMERKINANNON TOIMINTA	16
3.4.1 Yhteiskanavamerkinannon sanomansiirto-osa.....	19
3.4.1.1 Sanomien rakenne	20
3.4.1.2 Ohjaussanomien rakenteet.....	23
3.5 YHTEISKANAVAMERKINANNON KÄYTTÄJÄOSAT	25
3.5.1 TUP-signaloinnin merkinantosanomien.....	26
3.5.1.1 Sanomien rakenne	27
3.5.1.2 Perussanomien.....	29
3.5.2 ISUP-signaloinnin merkinantosanomien	32
3.5.2.1 Sanomien rakenne	32
3.5.2.2 Perussanomien	37

4 EWSD-järjestelmä	38
4.1 EWSD-JÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	38
4.1.1 Keskusprosessori, CP	40
4.1.2 Yhteiskanavamerkinannon ohjaus, CCNC.....	40
4.1.3 Kytöntäkenttä, SN	41
4.1.4 Tilaaja- ja yhdysjohtoryhmä, LTG	41
4.1.4.1 Ryhmäprosessorin GP rakenne.....	43
4.1.5 Keskuksen sisäinen merkinanto.....	44
4.2 EWSD-JÄRJESTELMÄ MATKAPUHELINKESKUKSENA	45
5 LIIKENNEKUORMA.....	47
5.1 KIIRETUNTI.....	47
5.1.1 Pitoaika	49
5.1.2 Kiirettyn aikaiset puhelut	50
5.2 MERKINANTOKUORMITUS.....	52
5.2.1 Merkinantokanavan kuormitusaste.....	53
5.2.2 Merkinantoliikenteen intensiteetti	54
5.3 PALVELUN LAATU.....	54
5.4 KIINTEÄN VERKON PUHELINLIIKENNE	56
5.4.1 Peruspuhelut.....	57
5.4.2 Peruspuheluiden siirtomäärät	59
5.4.3 Peruspuheluiden kuormitusaste ja intensiteetti	64
5.5 YLIKUORMATILANTEET	65
5.5.1 Ylikuorman toteaminen.....	66
5.5.2 Ylikuormatilanteiden hallinta.....	67
6 MITTAUKSET	68
6.1 LIIKENNEKUORMAN MITTAUSLAITTEISTO.....	68
6.2 TESTAUSLAITTEISTON YLEISKUVAUS	68
6.3 TESTAUSMAHDOLLISUUDET.....	72
6.4 LIIKENNEMALLI	73
6.4.1 Peruspuhelut PSTN-verkon välillä	74
6.4.2 Mitattavat kohteet EWSD-järjestelmässä	75
6.4.3 Peruspuheluiden käsittelyajat.....	78
6.4.4 Liikennemäärä EWSD-järjestelmässä	80
6.5 MERKINANTOKUORMITUS.....	81
6.5.1 Merkinantokuorman vaikutus EWSD:n johtoryhmäyksikössä (LTG).....	83
6.5.1.1 Ylikuorman rajoitusasteet johtoryhmässä.....	83
6.5.1.2 Puhelumäärävertailu ISUP- ja TUP-merkinantojen välillä	84
6.5.1.3 GP:n kuormitus	86
6.5.2 Merkinantokuorman vaikutus yhteiskanavamerkinannon ohjauksessa (CCNC ja CP).....	87
6.5.2.1 Puhelumäärävertailu ISUP- ja TUP-merkinantojen välillä	88
6.5.2.2 CP:n kuormitus	89
7 LOPPUYHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	91
7.1 TUTKIMUKSET TULOKSET	91
7.2 TULEVAISUUS.....	95

LIITELUETTELO

- Liite 1. Transit-puhelun sanomavirta TUP-signaloinnilla
- Liite 2. PSTN-puhelun TUP-merkinannon aloitussanoma
- Liite 3. PSTN-puhelun TUP-merkinannon purkusanoma
- Liite 4. Transit-puhelun sanomavirta ISUP-signaloinnilla
- Liite 5. PSTN-puhelun ISUP-merkinannon aloitussanoma
- Liite 6. PSTN-puhelun ISUP-merkinannon purkusanoma
- Liite 7. Liikennemäärä ja merkinantokuormitus TUP-merkinannolla 5 minuutin mittausjakson aikana
- Liite 8. Liikennemäärä ja merkinantokuormitus ISUP-merkinannolla 5 minuutin mittausjakson aikana
- Liite 9. Puheluyritysten vertailu eri LTG:n ylikuormitustasoilla
- Liite 10. CML-komennon ENTR TGDAT parametrit johtojen ylikuorma-asteen hallintaan

LYHENNELUETTELO

A-rajapinta	Signalointirajapinta MSC- ja BSS-järjestelmien välillä
BAP	Base Processor – Keskukseen pääprosessori
BHCA	Busy Hour Call Attempts – Kiiretunnin kutsu yritykset
BSS	Base Station System
BSSAP	Base Station System Application Protocol
BTS	Base Station
Call flow	Puheluiden merkinantosanomamalli
CAP	Call Processor – Puheluiden käsittelyprosessori
CCG	Central Clock Generator - Keskeinen kellopulssigeneraattori
CCITT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique – Telestandardointisektori. Aiempi nimitys ITUn alaiselle telealan standardointia hoitavalle sektorille. Tehtävänä on järjestää kansainvälisiä tietoliikennestandardeja.
CCNC	Common Channel Signaling Network Control – Yhteiskanavamerkinannon ohjain
CCNP	Common Channel Signaling Network Processor – Yhteiskanavamerkinannon ohjauksen prosessori
CCS#7	Yhteiskanavamerkinanto numero 7 – Common Channel Signalling #7
CIC	Circuit Identification Code
CML	Comman Machine Language – EWSD-keskusjärjestelmän ohjauskieli
CP	Central Processor – Keskusprosessori
CPI	Central Processor Interface
DIU	Digital Interface Unit – Digitaalinen liitäntäyksikkö, puhelinkeskuksessa oleva PCM-linkin kytkentäyksikkö, joka sijaitsee LTG-yksikössä. Yleisnimitys on LTU.
DPC	Destination Point Code – Vastaanottajan osoitekoodi puhelinverkon reitityksessä

EIR	Equipment Identity Register – Laitetunnusrekisteri
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EWSD	Elektronisches Wählsystem Digital – Nimitys Siemensin puhelin- keskusjärjestelmälle
GCG	Group Clock Generator – LTG-yksikön kellopulssigeneraattori
GMSC	Gateway MSC – Kauttakulku-MSC
GoS	Grade of Service – Palvelun laatu
GP	Group Processor – Ryhmäprosessori
GPRS	General Packet Radio Service
GS	Group Switch
GSM	Groupe Spéciale Mobile, Global System for Mobile – Matkapuhelinstandardi
HW	Hardware – Fyysinen laitteisto
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Organisation for Standardisation – Kansainvälinen standardisointijärjestö
ISUP	ISDN User Part – ISDN-käyttäjäosa
ITU	International Telecommunications Union – Kansainvälinen Televiestintäliitto on YK:n alaisuudessa toimiva erikoisjärjestö, joka pyrkii kansainvälisten tietoliikenteen pelisääntöjen luomiseen
LIU	Link Interface Unit – Linkkiliitäntäyksikkö
LTG	Line Trunk Group – Puhelinkeskuksen PCM-johtojen kytkentäosa
LTU	Link/Trunk Unit – Tilaaaja/yhdysjohtoyksikkö
MB	Message Buffer – Sanomapuskuri
MGTS	Message Generator Traffic Simulator
MMC	Mobile-Mobile Call – Matkapuhelimesta toiseen matkapuhelimeen soitettu puhelu
MOC	Mobile Originating Call – Muuhun puhelinverkkoon kuin matkapuhelinverkkoon matkapuhelimella soitettu puhelu

MSC	Mobile Switching Centre – Matkapuhelinkeskus
MSU	Message Signal Unit – Tietosanomayksikkö, yhteiskanava-merkinantosanomien siirrossa käytetty sanomapohja, joka välittää ylempien UP-tasojen informaatiota
MTC	Mobile Terminating Call – Matkapuhelimeen muusta puhelinverkosta kuin matkapuhelinverkosta soitettu puhelu
MTP	Message Transfer Part – Sanomansiirto-osa, yhteiskanava-merkinantosanomien siirrossa käytetty yleinen sanomapohja
NSS	Network and Switching Sub-System
NUP	National User Part – Kansallinen käyttäjäosa
PASM	Protocol Adaptable State Machine – MGTS-testilaitteiston käyttöohjelmisto
PCM	Pulse Code Modulation – Pulssikoodimodulaatio
PCM-linkki	PCM –yhteys, joka käsittää 2 johtoa; tuleva ja lähtevä suunta
PLMN	Public Land Mobile Network – Matkapuhelinverkko
PMU	Processor Memory Unit
PSTN	Public Switched Telephone Network – Yleinen puhelinverkko
OMT	Operation and Maintenance Terminal – Keskuksen käyttö- ja kunnossapitopääte
OSS	Operation Sub-System – Käytön hallintajärjestelmä
OPC	Originating Point Code – Lähettäjän osoitekoodi puhelinverkon reitityksessä
OS	Operation System – Käyttöjärjestelmä
OSI	Open Systems Interconnection – Avoin järjestelmämalli
SCCP	Signalling Connection Control Part – Signaalintyhteyden ohjausosa
SILTG	Signaling Link Terminal Group – Merkinantopääteryhmä
SMSS	Switching and Management Subsystem – KytKentä- ja hallintajärjestelmä
SMX	Signal Multiplexer – LTG:n sisältämän GP:n yksikkö
SP	Signalling Point – Signointipiste
STP	Service Transfer Point – Palvelun siirtopiste

SU	Signal Unit – Merkinantoyksikkö
SW	Software – Ohjelmisto
SYP	System Panel – Järjestelmäpaneeli
TCBH	Time Consistent Busy Hour – Kiiretunnin määrittelyjakso [E492]
TDMA	Time Division Multiple Access – Aikajakoinen tietoliikenneyhteyden jako menetelmä, joka on käytössä mm. Puhelinverkon PCM-yhteyksillä ja ilmarajapinnassa
TUP	Telephone User Part – Puhelin käyttäjäosa
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UP	User Part – Käyttäjäosa
WAP	Wireless Application Protocol
YKM	Yhteiskanavamerkinanto (CCS)

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa työlle

Työn lähtökohtana on ollut tarve selvittää puhelinkeskusjärjestelmän välityskykyä eri puhelinverkon merkinantojen välillä. Idea työn toteuttamiselle tuli puhelinkeskusohjelmistojen tuotekehitysvaiheessa havaitusta käytännön tarpeesta; keskusohjelmistojen testaus olisi toteutettava mahdollisimman todenmukaisessa ympäristössä liikennekuormituksen alaisena eikä vain muutamalla testipuhelulla, jolloin liikennekuormituksen aiheuttamat vikatapaukset jäävät testeissä havaitsematta. Tästä johtuen järjestelmän kuormatestaus olisi otettava ohjelmiston tuotekehityksen erääksi vaiheeksi ja pyrkiä tämän kautta vähentämään kaupallisessa käytössä olevissa puhelinkeskuksissa esiintyviä liikennekuorman aiheuttamia vikatilanteita.

Tässä diplomityössä on keskitytty tutkimaan kahden yleisessä puhelinverkossa käytetyn merkinannon välisiä kuormituseroja puhelinkeskuksessa. Aiheeseen on perehdytty sekä laskennallisesti tutkien merkinantokanavien kapasiteetin riittävyyttä että käytännön mittauksin aiheuttaen simuloidulla puhelinliikenteellä liikennekuormitusta oikeaan puhelinkeskusjärjestelmään. Mittausympäristössä on seurattu testattavan puhelinkeskusjärjestelmän toimintaa eri kuormitusasteilla ja verrattu järjestelmän välityskykyä eri merkinantojen sekä laskennallisesti saatujen arvojen välillä.

Käytännön puhelinliikenteessä ilmenevät välitysviat ovat puhelinpalveluita tarjoaville puhelinoperaattoreille kiusallisia. Liikennekuormituksen aiheuttamat ohjelmistoviat esiintyvät melko yllättäen tietyillä liikennekuormituksilla. Osa ongelmista aiheutuu myös teknisistä vioista, jolloin vikaantuneiden laiteyksiköiden takia ylitetään järjestelmän muiden yksiköiden välityskapasiteetti. Ongelmia aiheutuu samoin puhelinverkon liiallisesta, ennakoimattomasta käytöstä, jota järjestelmän välityskapasiteetin suunnittelussa ei ole otettu huomioon. Ainut keino olisi huomata ajoissa välitetyn puhelinliikenteen muutokset ja huomioida nämä

kapasiteettisuunnittelussa, mutta käyttäjien puhelintottumusten muuttumista on vaikea ennakoida.

Liikennekuormasta johtuvien vikatapauksien kannalta ongelmia aiheuttaa testitilanteen hankala toteuttaminen, koska suuria puhelumääriä esiintyy puhelinverkossa satunnaisesti ja järjestelmän toimivuus olisi tarkastettava jo ennen virallista käyttöönottoa. Suuria puhelumääriä keinotekoisesti toteutettaessa joudutaan testauksessa käyttämään simulointilaitteita, joilla pystytään aikaansaamaan halutunlaiset kuormitustasot testattavaan järjestelmään. Tätä tutkittaessa on määritettävä testattavan järjestelmän maksimaalinen välityskapasiteetti sekä selvitettävä, miten järjestelmä toimii ylikuorman aiheuttamissa häiriötapauksissa.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteina on selvittää puhelinkeskuksen osalta:

1. Miten sanomaerot kahden merkinantoprotokollan välillä vaikuttavat PCM-merkinantokanavan (Pulse Code Modulation) välityskykyyn sekä merkinantoa ohjaaviin puhelinkeskuksen yksiköihin?
2. Mitkä ovat kauttakulkupuhelun liikennekuormarajat puhelinkeskuksen PSTN-rajapinnan (Public Switched Telephone Network) yksikössä eri merkinannoilla ja mitä rajoja puhelinkeskuksen eri ohjelmisto-osat asettavat käsittelykyvylle?
3. Onko TUP-merkinantoa (Telephone User Part) käytettäessä saatujen merkinannon liikennekuormalukujen perusteella mahdollista laskea vastaavien puhelumallien mukaiset liikennekuormaluvut myös ISUP-merkinannolle (ISDN User Part)?
4. Miten luotettavia testilaitteistolla simuloidun puhelinliikenteen avulla saadut tulokset ovat verrattaessa niitä aidon puhelinliikenteen merkinantokuormalla saatuihin tuloksiin?

1.3 Rajoitukset

Tavoitteena on vertailla puhelinliikenteen merkinantojen aiheuttamaa kuormitusta puhelinkeskuksen eri laitteistoyksiköiden kesken. Jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia, on testissä käytettyjen liikennemallien oltava merkinannosta riippumatta mahdollisimman samanlaisia. Merkinantosanomaprotokollien standardoinnissa ei käytettyjä merkinantosanomia ole kuitenkaan tehty täysin toisiaan vastaaviksi, vaan sanomien nimissä ja niiden rakenteissa, kuten myös eri puhelutapauksissa välitettävien sanomien lukumäärissä, on eroja. Tämä aiheuttaa eroja vertailtavien merkinantoprotokollien välille.

Diplomityön käsittelemässä testausjärjestelmässä on jouduttu yksinkertaistamaan puhelinliikennemalleja monimutkaisempien ja useampia merkinantosanomia vaativien puhelutapauksien kustannuksella ja pitäydytty yksinkertaisissa puhelinliikennemalleissa, sillä erilaisista merkinantosanomista ja puhelinverkon erilaisista konfigurointivaihtoehdoista johtuen puhelinliikennemalleista voi muodostua hyvinkin erilaisia ja kaikkien vaihtoehtojen läpikäyminen olisi vaikeaa. Lisäksi ongelmia aiheuttaa testiympäristössä käytetyn standardimerkinannon ja oikeassa puhelinverkossa käytetyn kansallisen verkon mukaisesti standardoidun merkinannon väliset erot.

Jonkinlaiseksi ongelmaksi muodostuu riittävän puhelinliikennekuorman tuottaminen testauksen alaisena olevan järjestelmän käsiteltäväksi. Ensimmäisenä rajoituksena tässä on testauksessa käytettävän liikennesimulaattorin välityskyky. Testauksen edetessä simulaattorin välityskyky todettiin kuitenkin riittäväksi halutun liikennekuorman aikaansaamisessa. Tämän lisäksi on otettava huomioon myös itse testattavan järjestelmän hardwaren mahdollistama välityskyky. Kiinteässä puhelinverkossa välitettävälle puhelinliikenteelle on todettavissa myös muutamia fyysisiä rajoituksia, jotka rajoittavat välitettäviä puheyhteyksiä sekä merkinantoliikennettä. Siirtoyhteyksien teoreettisia rajoja ei pystytä ylittämään. Puheyhteyksien kytkeytymistä varten tarvitaan riittävä määrä kytkentäyksiköitä, jotta liikenteen kuormitusvaikutus saadaan riittäväksi. Tämä on syytä huomioida ennen kuin testausta edes kannattaa yrittää.

2 PUHELINVERKKO

Puhelinverkon tehtävänä on puheyhteyden muodostaminen kahden verkkotilaajan välille. Perinteisistä puhelinpalveluista puheyhteyden välittäminen on yleisimmin käytetty telepalvelu, ja tämä on ohjannut myös puhelinverkon perusrakennetta. Muut telepalvelut ovat sitten syntyneet tukemaan puhepalvelun käyttöä. Tietoliikenteen kehitys on kuitenkin laajentanut puhelinverkon käyttömahdollisuuksia. Perinteisen puhelinverkon tehtävät voidaan pääpiirteissään jakaa kolmeen ryhmään [Halme94]:

- Järjestää kahden tilaajan välille sähköinen puhe- tai datayhteys.
- Huolehtia tilaajayhteydellä ja verkon sisäisillä yhteyksillä tapahtuvasta merkinannosta, johon olennaisena kuuluu puheluiden väylöitys. Lisäksi on välitettävä tietoa yhteyden muodostuksesta, valvonnasta, yhteyden purkamisesta ja laskutuksesta.
- Suorittaa verkon käyttöön ja kunnossapitoon liittyviä toimenpiteitä, joita voivat olla varayhteyksien järjestäminen, yhteyden laadun mittaus ja liikennemittaukset.

2.1 Matkapuhelinverkon rakenne

Fyysisesti **GSM**-puhelinverkko (Groupe Spéciale Mobile tai Global System for Mobile, GSM) rakentuu tukiasemista, tukiasemaohjaimista, puhelinkeskuksista sekä erilaisista matkapuhelinverkon rekisteriyksiköistä. Jotta itse matkapuhelinlaite pystyy toimimaan radorajapinnan välityksellä GSM-verkossa, tukiasemien täytyy sisältää sekä radiolähettäviä että -vastaanottimia. Näiden radorajapintaan liittyvien järjestelmien valvominen hoidetaan tukiasemaohjaimilla. Yhteydet matkapuhelinlaitteista ohjataan tukiasemien jälkeen tukiasemaohjaimien kautta edelleen matkapuhelinkeskukseen, josta yhteydet ohjataan edelleen matkapuhelinverkon muihin osiin tai jopa toisiin puhelinverkkoihin.

Matkapuhelinverkkojen on pystyttävä toimimaan yhdessä muiden puhelinverkkojen kanssa. Merkittävin GSM-verkkojen ulkopuolisista puhelinverkkoista, joihin matkapuhelinverkoista tarvitaan yhteydet, on *yleinen puhelinverkko* (Public Switched Telephone Network, PSTN). Datapalvelujen käytön lisääntyessä matkapuhelinverkkojen tarjoamien uusien *WAP*-palveluiden (Wireless Application Protocol, WAP) myötä tarvitaan entistä enemmän yhteyksiä lukuisiin dataverkkoihin. Datapalveluiden käyttö lisääntyy uusien *HSCSD*- (High Speed Circuit Switched Data, HSCSD) ja *GPRS*-tekniikoiden (General Packet Radio Service, GPRS) avulla.

Verkon rakenteen kannalta matkapuhelinverkkoa pystytään käsittelemään kolmena alijärjestelmänä [Mouly92, Pentti99]:

- *Tukiasemajärjestelmä* (Base Station Sub-system, BSS)
- *Keskusjärjestelmä* (Network and Switching Sub-system, NSS)
- *Käytön hallintajärjestelmä* (Operation Sub-System, OSS)

Näille GSM-verkon eri alijärjestelmille on määritelty lukuisia tavanomaisista kiinteän puhelinverkon järjestelmistä poikkeavia tehtäviä, joihin perehdytään lähemmin seuraavissa luvuissa.

2.1.1 Tukiasemajärjestelmä, BSS (Base Station Sub-System)

Tukiasemajärjestelmä (Base Station Sub-system, BSS) vastaa matkapuhelinverkon käyttäjien päätelaitteisiin luotavista radioyhteyksistä. BSS-järjestelmä on radiorajapinnan kautta yhteydessä käyttäjiin ja A-rajapinnan kautta *keskusjärjestelmään*.

Matkapuhelin (Mobile Station, MS) on käyttäjän kannalta näkyvin osa BSS-järjestelmää. Matkapuhelinverkon päätelaitteena on yleisimmin matkapuhelin, joka myös siirtyy paikasta toiseen käyttäjän mukana. Matkapuhelin on verkon liikkuvimpana laitteena yhteydessä verkon muihin osiin radiorajapinnan välityksellä.

Käyttäjistä katsottuna radiorajapinnan vastapuolella radioyhteyksistä huolehtivana järjestelmänä on *tukiasema* (Base Transceiver Station, BTS). Se joutuu vastaamaan

radiorajapinnan läpi välitettävästä radioliikenteestä itsensä ja tukiaseman alaisissa soluissa olevien MS:ien välillä.

Tukiasemaa ohjataan *tukiasemaohjaimella* (Base Station Controller, BSC). Yksi BSC ohjaa useampia tukiasemia ja yksi sen tehtävistä on yhdistää, multipleksoida, tukiasemilta tulevat yhteydet eteenpäin *keskusjärjestelmän* suuntaan. BSC:n ja keskusjärjestelmän välistä rajapintaa kutsutaan A-rajapinnaksi.

2.1.2 Keskusjärjestelmä, NSS (Network and Switching Sub-System)

Keskusjärjestelmä (Network and Switching Sub-system, NSS) on GSM-verkon alijärjestelmä, jonka tärkeimpänä yksikkönä on *matkapuhelinkeskus* (Mobile Switching Centre, MSC). Keskusjärjestelmä vastaa puhelinkeskuksien välittämistä puheyhteysistä yhdistämällä ja purkamalla puheluita. Se myös huolehtii järjestelmän toimintakyvystä. Tämän kaiken toteuttaminen ei onnistu kuitenkaan pelkän matkapuhelinkeskuksen varassa, vaan MSC tarvitsee avukseen useampia eri rekistereitä, jotka osallistuvat puhelyyhteyden muodostamiseen. Seuraavana on esitelty NSS-järjestelmän eri yksiköitä [Mouly92, Pentti99]:

- Matkapuhelinkeskus, MSC
- Kotirekisteri, HLR
- Vierailijarekisteri, VLR
- Laitetunnusrekisteri, EIR
- Tunnistuskeskus, AuC

Pääsääntöisesti NSS-järjestelmän tehtäviin kuuluu yhteyksien kytkentä GSM-verkon ulkopuolisten sekä itse GSM-verkon päätelaitteiden välillä, kuten myös sisäisten yhteyksien kytkentä matkapuhelinverkon eri päätelaitteiden välillä [Pentti99]. Eri puhelinverkkojen välisille yhteyksille on standardoitu useita eri rajapintoja, koska

puhelinverkon eri järjestelmiltä on vaadittu laitevalmistajista riippumatta yhteensopivuutta.

NSS-alijärjestelmän erityisistä matkapuhelinverkkoon kuuluvista tehtävistä on matkapuhelintilaajien liikkuvuuden hallinta matkapuhelinverkon alueella. Tähän tehtävään kuuluu muun muassa matkapuhelintilaajien hakuproseduurit (*paging*) sekä yhteysvastuunvaihtoproseduurit (*handover*) päätelaitteen vaihtaessa radiokanavaa. Tämän lisäksi tehtävistä voi mainita muista puhelinverkoista, kuten PSTN-verkosta, tulevan liikenteen välittämisen eteenpäin niin sanotussa *transit*-puhelun tapauksessa. Tällöin matkapuhelinverkon vaikutus liikenteeseen jää näkemättä ja NSS-järjestelmä toimii yhteyksien uudelleen reitityksistä huolehtivana *kauttakulkukeskuksena* (Gateway MSC, GMSC).

Matkapuhelinkeskus (Mobile Switching Centre, MSC) suorittaa matkapuhelimien kytkentätoiminnot toimien päätekeskuksena matkapuhelintilaajille. Se on täten verrattavissa kiinteän puhelinverkon paikalliskeskuksiin. Päätekeskuksena toimiminen edellyttää yhdysjohtoja sekä BSS-järjestelmän suuntaan että muuhun puhelinverkkoon. Matkapuhelinkeskuksen päätehtäviin kuuluu sovitustoimintojen hoito matkapuhelinverkon ja muiden verkkojen välillä, eli se välittää yhteyksiä BSS-järjestelmiltä yleisiin puhelinverkkoihin, dataverkkoihin ja ISDN-verkkoihin sekä vastaavasti takaisin BSS-järjestelmille. Yhteistyö puhelinkeskuksen ja BSS-järjestelmän kesken edellyttää keskuksessa myös radioresurssien ja matkapuhelintilaajien liikkuvuuden hallintakykyä. Itse tilaajiin liittyvät tiedot kuitenkin puuttuvat MSC:stä, mutta se pystyy tarvittaessa hakemaan nämä VLR:stä. Yksi matkapuhelinkeskus hoitaa liikenteen yhden tai useamman tukiasemajärjestelmän peittämällä alueella.

Kotirekisteri (Home Location Register, HLR) on tietokanta, jonne on talletettu kunkin tilaajan perustiedot. Tällaisia perustietoja [DI518/92, IV INS121/89, Mouly92] ovat *tilaajan numero* (Subscriber Number, SN), *kansainvälinen matkapuhelimen tilaajatunnus* (International Mobile Subscriber Identification, IMSI), tilaajan oikeudet eri palveluihin sekä niihin liittyvät lisämäärittelyt, tilaajan prioriteetti ja mahdolliset käyttörajoitukset sekä laitetiedot, mikäli ne ovat tiedossa. Näiden perustietojen lisäksi HLR:ään on talletettu myös muuttuvia tietoja tilaajasta. Tällaista tietoa on esimerkiksi

tilaajan sijainnin päivitys matkapuhelinverkossa. HLR:ssä on tieto tilaajan sijainnista viitauksena siihen VLR:ään, jonka alueella tilaaja on viimeeksi rekisteröitynyt. HLR:ssä on myös tieto tilaajan tavoitettavuudesta eli onko kyseinen tilaaja sillä hetkellä tavoitettavissa. Näiden lisäksi HLR:ssä on myös tiedot tilaajan ohjaamien palveluiden tilasta sekä niihin liittyvää perustietoa. Esimerkkinä palveluista on tieto soitonsiirron päälläolosta tilaajan antamaan puhelinnumeroon.

Vierailijarekisteri (Visitor Location Register, VLR) on HLR:n tavoin tietokanta, johon on tallennettu tilaajaa koskevia tietoja. HLR:stä eroten tilaajan tiedot on tallennettu VLR:ään vain tilapäisesti siksi aikaa, kun tilaaja on kyseisen vierailijarekisterin alaisuudessa. Tällaisista VLR:ssä olevista tiedoista voi esimerkkinä mainita liikkuvan tilaajan sijainnin liikennealueen tarkkuudella. VLR:ssä olevat tiedot on haettu HLR:stä, joita HLR myös tarvittaessa päivittää. VLR välittää HLR:lle tarvittavia tietoja päättyvien puheluiden reitittämisestä BSS-järjestelmään päin ja osallistuu puheluiden kytkemiseen MSC:ssä. Vierailijarekisterillä on signaalintyhteydet verkon eri komponenttien välillä. Yksi VLR pystyy palvelemaan useampaa MSC:tä sekä näiden kattamia liikennealueita.

Laitetunnusrekisteri (Equipment Identity Register, EIR) on puhelinverkon rekisteri, johon laitetunnukset on tallennettu. Kaikki GSM-verkossa käytettävät matkapuhelinpäätteet on laitekohtaisesti identifioitu *IMEI-koodilla* (International Mobile Equipment Identity, IMEI). Tämän IMEI-koodin perusteella on mahdollista ohjata myös tietyillä laitetunnuksilla olevia päätelaitteita. Esimerkiksi varastetuksi ilmoitettujen päätelaitteiden käyttö pystytään estämään pelkän laitetunnuksen perusteella matkapuhelinverkossa.

Tunnistuskeskusta (Authentication Centre, AuC) käytetään matkapuhelinverkon tilaajien tunnistamiseen. Se osallistuu tilaajien käyttämien *Authentication Triplet*-koodien lähettämiseen ja vertailemiseen, jonka lopputuloksesta riippuen BSS-järjestelmä joko hyväksyy tilaajat verkon käyttäjiksi tai estää verkon käytön, jos tilaajilla ei ole käyttöoikeutta kyseiseen GSM-verkkoon. Esimerkkinä tästä on ulkomainen matkapuhelintilaaja, jonka oma operaattori ei ole solminut *roaming*-sopimusta

paikallisen matkapuhelinoperaattorin kanssa ja joka yrittää soittaa kyseessä olevan AuC-keskuksen alaisen verkon alueella.

2.1.3 Käytön hallintajärjestelmä, OSS (Operation Sub-System)

Viimeisenä matkapuhelinverkon alijärjestelmistä on *käytön hallintajärjestelmä* (Operation Sub-System, OSS), joka on pääsääntöisesti tarkoitettu vastaamaan matkapuhelinverkon ylläpidosta. OSS-järjestelmää ei ole yleisesti standardoitu, joten laitevalmistajilta löytyy erilaisia OSS-järjestelmätoteutuksia.

Käytön hallintajärjestelmän tärkeimmät tehtävät ovat listattuna seuraavassa [Pentti99]:

- *Verkon käyttö ja kunnossapito*
- *Tilaajatietojen hallinta*
- *Matkaviestinten hallinta*

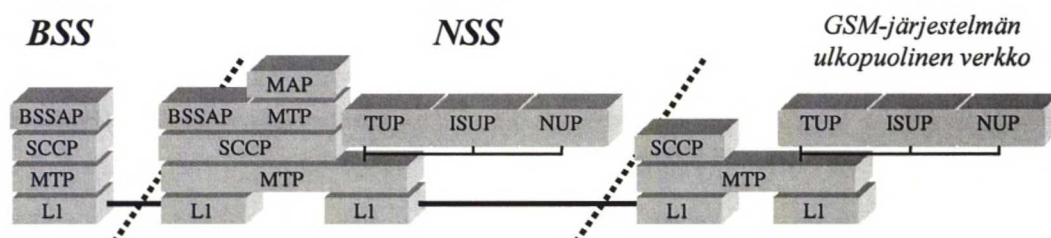
Käytön hallintajärjestelmä rakentuu yhdestä tai useammasta *käyttö- ja kunnossapitokeskuksesta* (Operations and Maintenance Centre, OMC). OMC-keskuksen avulla on mahdollista ylläpitää GSM-verkon eri verkkoelementtejä. Verkon operoinnin lisäksi OMC:tä käytetään verkon kunnossapitotoimenpiteisiin. Tavoitteena on tietysti pitää matkapuhelinverkko toimintakunnossa. Jos verkon toiminnassa tapahtuu virheitä, pyritään OMC:n kautta palauttamaan verkon toiminta normaalille laatutasolle vastaamaan määriteltyä *Quality of Service* -tasoa [Pentti99].

Puhelinverkon toiminnan seuraaminen edellyttää mittaustietoja verkon toiminnasta ja käyttöasteesta. Puhelinverkon suunnittelu ei ole helpoimpia tehtäviä, ja satunnaisia ongelmia syntyy verkon eri osissa laitteisto- ja ohjelmistovikojen myötä. Yllätyksiä verkkosuunnittelulle on aiheuttanut myös matkapuhelinkäyttäjien määrän ja verkon kapasiteetin välinen tasapainottelu. Puhelinliikenteen välityskapasiteetin on pystyttävä vastaamaan käyttäjien kasvavia tarpeita. Matkapuhelinkäyttäjien määrän jatkuva kasvu edellyttää myös puhelinverkon kapasiteetin jatkuvaa lisäämistä, minkä aiheuttamia toimintahäiriöitä ei pystytä kuitenkaan ennalta arvioimaan, vaan verkon

liikennekuormamittaukset kertovat puhelinverkon sen hetkisestä kapasiteetista. Verkon ylläpito kerää OMC-laitteiston avulla seurantatietoja, joiden avulla pystytään arvioimaan verkon toimintatilaa ja odotettavissa olevia häiriötilanteita.

2.2 Eri verkko-osien väliset merkinantoprotokollat

Matkapuhelinjärjestelmän eri alijärjestelmät joutuvat lähettämään, välittämään ja vastaanottamaan puhelinjärjestelmän eri osien tuottamia tietosanomia. Tämän takia on tarpeellista määrittää järjestelmän eri osien välille merkinantoprotokolliksi nimitettävät yhteiset kommunikointikielet. Välitettävänä olevan tiedon erilaisen informaation sisällön takia eri rajapintojen välille on jouduttu standardoimaan useampia merkinantoprotokollia. Seuraavassa kuvassa on esitetty matkapuhelinjärjestelmässä käytössä olevia merkinantoprotokollia huomioiden näiden järjestys myös toisiinsa nähden [TIK109350].



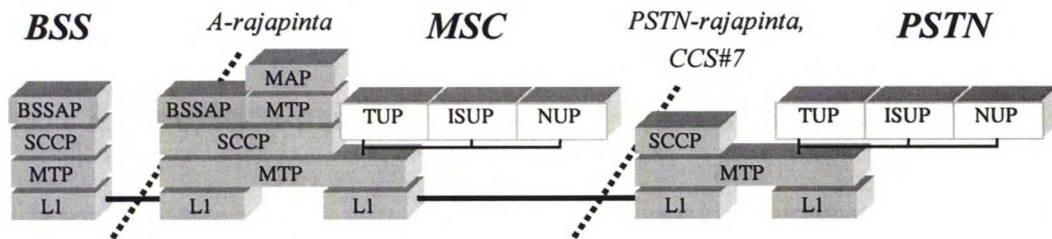
Kuva 1: Matkapuhelinjärjestelmän merkinantoprotokollia [Mouly92, TIK109350]

Myöhemmin käsiteltävissä luvuissa perehdytään tarkemmin etenkin NSS-verkkojärjestelmän ja GSM-järjestelmän ulkopuolisen verkon välillä käytössä oleviin merkinantoihin.

2.2.1 Yhteydet toisten puhelinkeskuksien välillä

Matkapuhelinverkon eri verkkojärjestelmien välille on määritetty standisoituja rajapintoja. BSS- ja NSS-verkkojärjestelmien välissä on *A-rajapinta* ja NSS-verkkojärjestelmän ja yleisen puhelinverkon välissä on *PSTN-rajapinta*. Seuraavassa

kuvassa on esitetty matkapuhelinverkon merkinantoprotollia sekä PSTN-rajapinnassa tarvittavia yleisen puhelinverkon merkinantoprotokollia [TIK109350].



Kuva 2: Merkinantoprotokollat PSTN-verkon rajapinnassa [Mouly92, TIK109350]

Valkoisella merkityt laatikot esittävät yleisen puhelinverkon käyttäjäosiin kuuluvia merkinantoprotokollia.

2.2.2 Interworking

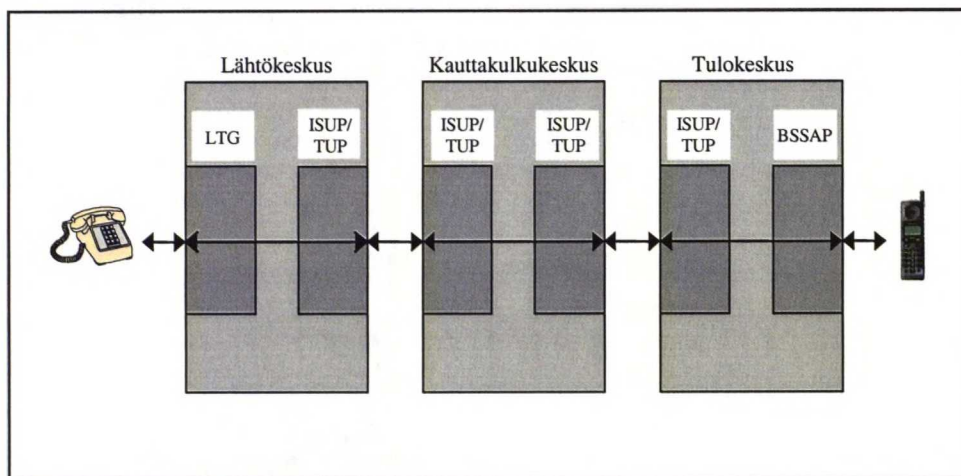
Puhelinverkon yhteyksien ja laitteiston puolesta joudutaan puhelinverkossa huomioimaan myös eri yhteyksillä käytössä olevat merkinantoprotokollat. Puhelinverkon rakenteen takia ei voida olettaa, että kaikilla yhteyksillä olisi käytössä sama, toisiaan vastaava merkinannon käyttäjäosa. Selvänä ero tulee esiin matkapuhelinverkon ja PSTN-verkon välissä olevassa PSTN-rajapinnassa, jolloin PSTN-verkon käyttämä merkinanto pitää sovittaa matkapuhelinverkon merkinannon kanssa toimivaksi. Tätä nimitetään *sovitus-toiminnoksi*, *interworking* (Inter Working Function, IWF) [Mouly92]. Merkinantojen yhteensovittamista käytetään myös myöhemmin käsiteltävien *kauttakulku-* eli *transit-puheluiden* tapauksissa, kun ISUP-merkinannolla puhelinkeskukseen tulevat puhelut reititetään eteenpäin vaihtaen lähtevien puheluiden merkinanto toiseksi, esimerkiksi TUP-merkinannoksi [INS176/87]. Puhelinkeskuksen täytyy pystyä muuntamaan ISUP-merkinannolla tulevat sanomat TUP-merkinantosanomiksi ja lähettämään sanomat uuden merkinannon mukaisina eteenpäin [CCITT92].

3 YHTEISKANAVAMERKINANTO

Puhelinverkon käyttö on muuttunut puhelimen alkuvuosien aikaisista manuaalisesti kytkettävistä puhelinyhteyksistä huomattavasti. Enää ei puhelua muodostettaessa tarvitse soittaa manuaaliseen puhelinkeskukseen, jossa tehdään tarvittavat kaapeliyhteyksien muutokset haluttua puhelinnumeroa varten, vaan puhelun muodostaminen tapahtuu puhelinverkon merkinannon eli signaloinnin avulla. Puhelinverkon signaloinnin avulla muodostetaan ja puretaan puheluita sekä hoidetaan muiden tietojen kuin itse puheinformaation siirtoa.

3.1 Merkinantokohteet

Puhelinverkon merkinanto voidaan jakaa kolmeen eri osaan.



Kuva 3: Puhelinverkon merkinantokohteita

Ensimmäinen näistä on puhelimen ja keskuksen välinen merkinanto, *tilaajamerkinanto* eli *päätelaitemerkinanto*. Tämä merkinanto tapahtuu verkon käyttäjän liitännän ja puhelinverkon keskuksen välillä. Viime vuosina on käyttäjän liitäntä saanut uusia ulottuvuuksia matkapuhelinverkkojen kasvun myötä ja liitäntä tarkoittaa kiinteän lankayhteyden lisäksi myös ilmarajapinnassa olevia radio- tai muita vastaavia yhteyksiä.

Merkinannon tehtävistä esimerkkinä voi mainita käyttäjien päätelaitteiden tilanvalvonnan, käyttäjien valitsemien numeroiden välittämisen, puhe- ja datayhteyksien kytkennän, tilaajayhteyksien valvonnan ja yhteyksien purkamisen.

Toisena verkkomerkinannon osana on *puhelinkeskusten välinen merkinanto eli yhdysjohtomerkinanto*. Tämä merkinanto voidaan eritellä puhelunmuodostukseen liittyväksi muodostusmerkinannoksi sekä puhelun aikana yhteyden valvonnasta ja ohjauksesta huolehtivaksi johtomerkinannoksi. Tämän lisäksi verkkomerkinannon tehtävänä on itse tilaajayhteyksien kytkemisen lisäksi ylläpitää myös verkon toimintaa. Televerkon eri häiriötilanteet, kuten HW-viat ja puhelinliikenteen ylikuormatilanteet, ovat väistämättömiä, ja näistä olisi keskuksen pystyttävä ennakoidusti selviytymään.

Yhdysjohtomerkinannon kannalta tärkeitä ovat merkinannon *lähtö-* ja *tulokeskukset*. Näiden välillä eri *kauttakulku-* eli *gateway-keskukset* reitittävät sanomia ja puheluita lähettäjien ja vastaanottajien osoitekoodien mukaan. Lähtö- ja tulokeskusten puhelinverkkoon kytkeytymispisteitä nimitetään *signalointipisteiksi* (Signalling Point, SP) [Sie96CCNC, TekCCS7] ja kauttakulkukeskuksia nimitetään *signaloinnin siirtopisteiksi* (Signalling Transfer Point, STP) [Sie96CCNC, TekCCS7]. Puhelinverkossa sijaitseville puhelinkeskuksille on annettu yksilölliset identifikaatiokoodit, joita kutsutaan *palvelupistekoodiksi* (Service Point Code, SPC). Väylöityksen helpottamiseksi sanomiin liitetään sekä lähettäjän että vastaanottajan SPC-koodit, jolloin kyseisillä osoitetiedoilla varustetut merkinantosanomien pystytään puhelinverkon eri siirtopisteissä välittämään oikeille vastaanottajille. Lähettäjän osoitetta puhelinverkossa ilmastaan *lähtöpistekoodilla* (Originating Point Code, OPC) ja vastaanottajan osoitetta vastaavasti *osoitepistekoodilla* (Destination Point Code, DPC). Yleisesti näitä osoitekoodeja kutsutaan kuitenkin SPC-koodeiksi.

Kolmantena verkkomerkinannon osana on *keskuksen sisäinen merkinanto*, joka ei näy keskuksesta ulospäin. Tämän merkinannon tehtävänä on valvoa keskuksen toimintaa. Keskuksen keskusprosessori ohjaa keskuksen toimintaa ja kommunikoi oman sisäisen merkinantonsa avulla keskuksen eri yksiköiden kanssa. Ohjattavat yksiköt ovat merkinannon käyttäjäosien avulla yhteydessä keskuksen ulkopuolisiin verkkoihin.

Puhelinverkon tyypistä riippuen voi puhelinverkon eri osissa olla käytössä erilainen merkinantoprotokolla. Tämän lisäksi eri osissa käytettävien saman merkinantoprotokollan sanomien välittämiä parametrejä pystytään myös konfiguroimaan yhteydestä riippuen, joten saman merkinantoprotokollan käyttö ei takaa kuitenkaan samanlaisia sanomamalleja.

3.2 PCM-yhteyden välityskyky

Yhteydet televerkon eri osien välillä kytketään nykyisin PCM-tekniikan avulla (Pulse Code Modulation). PCM-tekniikassa kaapelissa siirrettävä signaali jaetaan useampiin aikaväleihin, joissa siirretään vuoronperään kanavakohtaisen merkinannon signaalia ja puhekanavien informaatiota. Eurooppalaisessa PCM-tekniikassa (PCM30) johto on jaettu 32 eri aikaväliin, joista yhtä käytetään PCM-yhteyden synkronointiin ja yhtä tai useampaa aikaväliä käytetään tarvittaessa kanavakohtaisen merkinannon siirtämiseen. Yhdysvalloissa on käytössä 26 aikaväliä (PCM24), mutta testauksen kohteena olevan televerkon määräämänä käsittely keskitetään PCM30-tekniikkaan. Kanavakohtaisten merkinantoaikavälien lukumäärä riippuu täysin PCM-yhteyden konfiguroinnista, ja PCM-johdoilla kaikki aikavälit synkronointia lukuun ottamatta on mahdollista kytkeä eri PCM-johdolla siirrettävien puhekanavien merkinantokäyttöön. Yksinkertaisimmassa tapauksessa yhdellä johdolla käytetään kuitenkin yhtä merkinantoaikaväliä, joten puhekanavien käyttöön jää 30 aikaväliä, joka tarkoittaa samalla 30 puheyhteyttä. Puheyhteyksien välityskyvyn parantamiseksi useampia PCM-johtoja on mahdollista kytkeä myös yhteisen merkinantokanavan alaisuuteen, jolloin ensimmäisellä PCM-johdolla sijaitsevalla merkinantokanavalla pystytään ohjaamaan myös muita PCM-johtoja ja nämä muut PCM-johdot voidaan jättää ilman omaa johtokohtaista merkinantokanavaa. Etuna tässä on, että PCM-johdolla olevaa 31. aikaväliä voidaan käyttää yhden ylimääräisen puheyhteyden välittämiseen [Halme94].

Aikavälit nimetään yleisesti nollasta 31:een. Merkinantoaikavälien sijainti vaihtelee PCM-johdolla puhelinverkon määrittäyksistä riippuen, mutta tavanomaisia merkinannossa käytettäviä aikavälejä ovat 1., 16. ja 31. aikaväli. Kanavakohtaisen merkinannon jako toteutetaan lähettämällä merkinantoaikavälissä ensin kanavia 1 ja 17 koskeva

merkinanto ja seuraavaksi kanavia 2 ja 18 koskeva merkinanto ja tätä toistetaan vastaamaan kaikkien kanavien merkinantoa [Halme94].

PCM30-tekniikalla toteutetuissa johdoissa pystytään yhdessä aikavälissä siirtämään 64 kbit/s edestä bitti-informaatiota. Kanavien jaottelun kannalta yhden synkronointikanavan lisäksi puhekanavia ohjaava merkinanto tarvitsee yhden oman signalointikanavan. Tämä merkinantokanava voi sijaita joko samassa tai eri johdossa. Jäljelle jääviä 30 kanavaa voidaan käyttää puheluiden välittämiseen.

$$\begin{aligned} 2048 \text{ kbit/s} &= (30 \text{ puhekanavaa} + 1 \text{ merkinantokanava} + 1 \text{ synkronointikanava}) * 64 \text{ kbit/s} \\ &= 1920 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} \end{aligned}$$

Yhdellä merkinantokanavalla pystytään hallitsemaan jopa 2000 puhelua. Jos yhden aikavälin siirtokapasiteetti on 64 kbit/s ja käytössä olevia aikavälejä on 31, niin PCM-kanavassa siirrettävä kokonaisdatamäärä pystytään myös laskemaan. PCM-kanavan tiedonsiirtokapasiteettia laskettaessa on otettava huomioon, ettei kaikkia kanavia voida käyttää hyödyllisen datan siirtoon, vaan yhtä näistä kanavista joudutaan käyttämään yhteyden synkronointiin.

$$\begin{aligned} 2048 \text{ kbit/s} &= (31 \text{ puhekanavaa} + 1 \text{ synkronointikanava}) * 64 \text{ kbit/s} \\ &= 1984 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} \end{aligned}$$

Yhdellä merkinantokanavalla pystytään ohjaamaan useampia muilla johdoilla sijaitsevien puhekanavien merkinantoliikennettä, jolloin näiden muiden johtojen siirtokapasiteetista voidaan varata 31 kanavaa puheyhteyksille yhden kanavista jäädessä edelleen synkronointiin kuten on edellisessä kaavassa esitetty.

3.3 Yhteiskanavamerkinannon standardointi

Tietoliikennejärjestelmien merkinannossa on eri signalointien määrä vuoksi pyritty luomaan standardit, jotta eri signalointeja käyttävät rajapinnat pystyvät kommunikoimaan keskenään. Yhtenä tällaisena kansainvälisenä standardina voi mainita yhteiskanavamerkinannon (YKM, *Common Channel Signalling, CCS*) [Biala93], jota on kehitetty alun alkaen jo 1960-luvulla, mutta yhteisen suosituksen aikaansaaminen kesti

vuoteen 1980. Tällöin kansainvälinen standardointijärjestö CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) julkaisi YKM:lle omat suosituksensa *keltaisessa kirjassa (yellow book)*. Hieman myöhemmin vuonna 1984 julkaisi CCITT *punaisen kirjan (red book)* ja vuonna 1988 julkaistiin CCITT:n toimesta uusi suositussarja *sininen kirja (blue book)*, joka ottaa huomioon myös eri järjestelmävalmistajien omia suosituksia. Tämän jälkeen CCITT-järjestö vaihtoi nimensä ITU-T:ksi (International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Bureau) ja vuonna 1992 ITU-T julkaisi uudistetun suositussarjan *valkoisen kirjan (white book)*, jossa tarkennetaan muun muassa ISDN-käyttäjäosaspesifikaatioille (ISUP) kansallisia muunnoksia.

Näiden CCITT:n ja ITU-T:n antamien kansainvälisten suositusten lisäksi myös kansalliset, tietoliikennettä hallinnoivat järjestöt ovat kehittäneet omia maakohtaisia variaatioitaan. Merkinantostandardien perusrakenteeseen eivät kansalliset järjestöt kuitenkaan ole puuttuneet, vaan enemmänkin on puututtu kansallisten vaatimusten mukaiseen laskentaan ja numerointiin sekä merkinantosanomien käsittelyjärjestyksiin.

3.4 Yhteiskanavamerkinannon toiminta

Yhteiskanavamerkinannossa siirretään eri puhejohtojen sekä verkon ohjauksen vaatima merkinanto samassa merkinantokanavassa. Yhteiskanavamerkinannon mukana on puhelinverkon yhteyksien hallinta muuttunut huomattavasti. Sanomien välittäminen merkinantopisteiden välillä tapahtuu SPC-osoitekoodien ohjaamana. Merkinanto- ja puheyhteydet on erotettu toisistaan, ja tämä mahdollistaa puheyhteyksille aikaisempaa nopeammat kytkentäajat [Rap129/92], jolloin myös yhteyksien valinnat nopeutuvat. Tästä on suoranaista hyötyä jo olemassaolevien puheyhteyksien käytön tehostuessa.

Peruslähtökohta eri tasojen välisten yhteyksien muodostamiselle on ollut kansainvälisen standardointiorganisaation ISO:n (International Organisation for Standardisation) OSI-kerrosmalli (Open Systems Interconnection), jolla kuvataan tiedonsiirron protokollia. Seuraavassa kuvassa on esitetty OSI-mallin perusrakenne [Halme94].

OSI kerros	
7	Sovellus
6	Esitystapa
5	Yhteysjakso
4	Kuljetus
3	Tiedonsiirtoverkko
2	Siirtoyhteys
1	Fyysinen

Kuva 4: OSI-kerrosmalli [Halme94]

OSI-malli jakaantuu seitsemään eri tasoon, joilla kaikilla on määrätynlaisia tehtäviä sovellettavasta järjestelmästä riippumatta. *Fyysisellä kerroksella* tarkoitetaan lähinnä verkon hardware-liitäntää. *Siirtoyhteyserroksen* merkittävimpiä tehtäviä on siirtoyhteyden virhesuojaus. Tällöin keskeisenä tehtävänä on siirtovirheiden havaitseminen ja siirrettyjen, virheellisten tietojen uudelleenlähetys. Siirrettyjen tietopakettien osoitteiden hallinnasta pitää huolta *tiedonsiirtoverkkokerros*. Tietopakettien siirtämisessä voidaan käyttää kahta menetelmää:

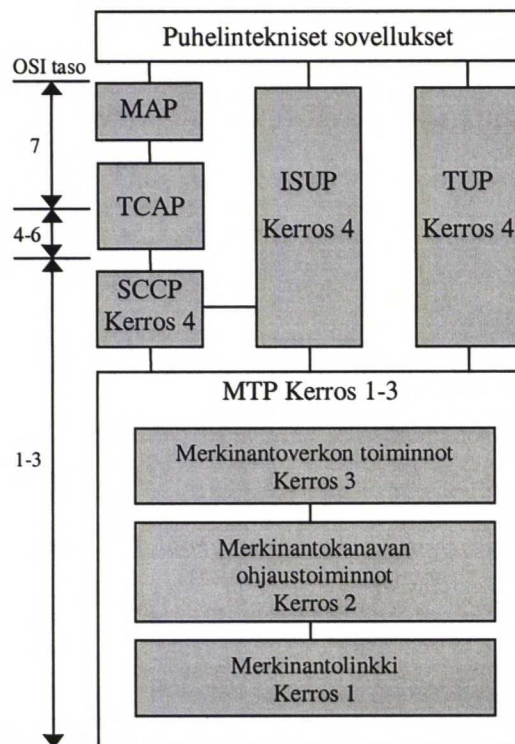
1. Muodostetaan verkon siirtopisteiden välille virtuaaliyhteys (yhteydellinen), jonka avulla siirrettävät tietopaketit varustetaan vain virtuaaliyhteyden tunnuksilla, ja verkon virtuaaliosoitettietojen kautta tietopaketit pystytään osoittamaan lähettävältä verkko-osoitteelta oikealle vastaanottavalle osoitteelle.
2. Siirrettävät paketit varustetaan lähettävän ja vastaanottavan verkkopisteen verkko-osoitteilla (yhteydetön), jolloin lähetettävät paketit löytävät oikean vastaanottajan annetun verkko-osoitteen avulla.

Kuljetuserroksen tehtäviin kuuluu siirtoyhteyden hallinta sekä yhteyden virhesuojaus. *Yhteysjaksokerros* valvoo yhteydellä työskentelyä ja mahdollistaa tilapäiset katkokset yhteyden toiminnassa kuten myös yhteyden uudelleen aktivoitumisen. *Esitystapakerroksen* tehtävänä on sovittaa erilaisia tiedonsiirron formaatteja toimimaan

keskenään. Sovelluskerrokseen kuuluu yhteyden ohjaamiseen liittyviä tietojenkäsittelytehtäviä.

OSI-kerrosmallia ei voi televerkon ohjauksen kannalta täysin loogisesti rinnastaa YKM-verkon merkinantokerrokseen, vaan joillakin tasoilla esiintyy ristikkäisyyksiä. Kerrosmalli on kehitetty [Halme94] lähinnä kuvaamaan tiedonsiirtoa hallinnollisen tietojenkäsittelyn tarpeisiin käyttäen kiinteästi kytkettyjä johtoja. Tästä aiheutuu eroja sovellettaessa OSI-mallin eri kerroksia televerkon ohjauksessa käytettäviin kerroksiin.

Yhteiskanavamerkinanto jaetaan toiminnallisesti OSI-mallin mukaisiin tasoihin, jotka on eroteltu seuraavassa kuvassa vastaamaan yhteiskanavamerkinannon eri protokollia.



Kuva 5: Yhteiskanavamerkinantojärjestelmässä käytettävät OSI-tasot ja YKM-kerrokset [Tek94]

Yhteiskanavamerkinannon eri protokollat eivät kuitenkaan täysin vastaa OSI-mallin eri tasoja, koska YKM on standardoitu ennen OSI-mallia. Kuvassa on nimetty OSI-tasojen lisäksi eri osat myös YKM-kerroksittain.

Yhteiskanavamerkinanto on alunperin tarkoitettu yleiskäyttöiseksi merkinantojärjestelmäksi, joten merkinantosanomien rakennetta suunniteltaessa on pyritty minimoimaan kansallisten merkinantojärjestelmien vaatimat muutokset ja tekemään merkinannosta riittävän yleiskäyttöinen. Vaatimuksena on ollut järjestelmän sopivuus digitaalisen televerkon keskuksiin digitaalisen verkon 64kBit/s-yhteyksillä (PCM30). Tämänhetkisen televerkon signalointivaatimusten lisäksi merkinantoa kehitettäessä on täytynyt ottaa huomioon myös tulevaisuuden mukanaan tuomat tiedonsiirtotarpeet puhelun ohjauksessa, kauko-ohjauksessa, verkon ohjauksessa ja kunnossapidossa. Tiedonsiirtoverkon toimintavarmuus on ollut yhtenä lähtökohtana, jotta välttyttäisiin siirretyn tiedon katoamiselta tai tietosanomien kahdentumiselta. Merkinantojärjestelmän standardoinnin perustana on ollut CCITT:n *yhteiskanavamerkinanto numero 7* (Common Channel Signalling #7, CCS#7). Tätä merkinantoa kutsutaan kuitenkin yleisesti lyhyemmin yhteiskanavamerkinannoksi (YKM) ilman numeroliitettä.

3.4.1 Yhteiskanavamerkinannon sanomansiirto-osa

Yhteiskanavamerkinannossa käyttäjienvälisen informaation siirtojärjestelmänä toimii *sanomansiirto-osa* (Message Transfer Part, MTP), joka välittää [Posti88MTP] muiden järjestelmässä korkeammilla YKM-kerroksilla olevien signalointiosien välisiä sanomia. Näistä käyttäjäosista mainittakoon *merkinantoyhteyden ohjausosa* (Signalling Connection Control Part, SCCP), *puhelinkäyttäjäosa* (Telephone User Part, TUP) ja *ISDN-käyttäjäosa* (ISDN User Part, ISUP). MTP-protokollan tehtävät sisältyvät OSI-mallia käsiteltäessä kolmeen ensimmäiseen tasoon ja yhteiskanavamerkinannon kannalta katsottuna neljään ensimmäiseen kerrokseen. Lyhyesti ilmaistuna näiden kolmen OSI-tason tai neljän YKM-kerroksen, riippuen ilmaisutavasta, kautta siirretään puhelun muodostukseen liittyvää informaatiota.

YKM-järjestelmän sanomansiirto-osan ensimmäinen kerros, *merkinantolinkki*, muodostaa YKM-järjestelmän hierarkiassa alimman toiminnallisen tason. Tämän tason tehtävänä [Posti88MTP] on muodostaa merkinantokanavan siirtotie, joka vastaa merkinantolinkin määrittämisestä ja huolehtii fyysisestä databittien siirrosta. Itse siirtotien

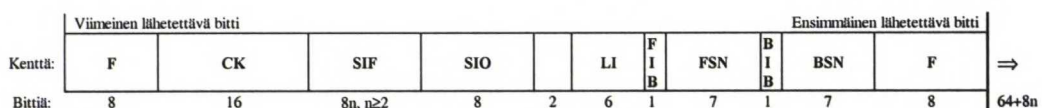
määrittäisiin liittyen tarvitaan tieto merkinantokanavan sähköisistä ominaisuuksista ja liitännätavasta.

Sanomansiirto-osan toisella kerroksella, *merkinantokanavan ohjaustoiminnoilla*, huolehditaan merkinantokanavan ohjauksesta. Tiedonsiirtoyhteyden ylläpitäminen [Posti88MTP] tarvitsee toimintoja sekä siirron suojaukseen että siirtovirheiden paikallistamiseen ja korjaukseen. Tämän lisäksi tällä kerroksella huolehditaan myös tiedonsiirtoyhteyden synkronoinnista.

Sanomansiirto-osan kolmannella kerroksella, *merkinantoverkon toiminnoilla*, suoritetaan siirrettyjen merkinantosanomien käsittelyä ja merkinantoverkonohjausta, johon kuuluu sekä liikenteenhallinta että verkon häiriötilanteiden käsittely. Esimerkkinä tästä voi mainita yhteyksien korjaustoimenpiteet signaalintilinkin katkeamisen jälkeen.

3.4.1.1 Sanomien rakenne

Merkinannon tehtävät ovat hyvin moninaiset; yksinkertaisten merkinantokanavan ylläpidosta huolehtivien merkinantosanomien lisäksi tehtäviin kuuluu myös ylemmillä kerroksilla sijaitsevien käyttäjäosien tiedon kuljettaminen. Merkinantoa kuljettavia sanomia nimitetään *tietosanomayksiköiksi* (Message Signal Unit, MSU). Näistä tietosanomayksiköistä löytyy lukuisia tiedonvälittämisessä tarvittavia kenttiä, jotka on esitettyä seuraavassa tietosanomayksikön kuvassa.



Kuva 6: Tietosanomayksikön (MSU) perusrakenne [Posti88MTP]

Tietosanomayksikköön kuuluvia kenttiä ovat *merkinantoinformaatiokenttä* (Signalling Information Field, SIF), jossa siirretään ylemmillä kerroksilla sijaitsevien käyttäjäosien tietoa, sekä *palveluinformaatio-oktetti* (Service Information Octet, SIO), johon kuuluu lähtökäyttäjän ilmaiseva *palvelutunnus* (Service Indicator) sekä mahdollinen

lisäinformaatio-osa, joka ilmaisee esimerkiksi sanoman välittämän käyttäjäosan kuulumisesta kansainväliseen tai kansalliseen sovellutukseen.

Sanomansiirron ohjaustiedon välittämiseen kuuluu sanomayksikön perusrakenteessa kahdeksan (8) kiinteänpituista kenttää, joissa välitetään tietoa virheiden valvonnasta ja sanoman lukitsemisesta. Ensimmäisenä lähetettävä kenttä, *kehysmerkki* (F), ilmaisee sanomayksikön alun ja tätä nimitetäänkin *avauskehysmerkiksi*. Vastaavasti viimeisenä, kahdeksantena kenttänä olevaa, sanomayksikön päättymistä osoittaavaa kehysmerkkikenttää, nimitetään *sulkukehysmerkiksi*. Jatkuvassa sanomavirrassa pystytään kuitenkin käsittämään edeltävän sanomayksikön sulkukehysmerkki sitä seuraavan sanoman avauskehysmerkiksi.

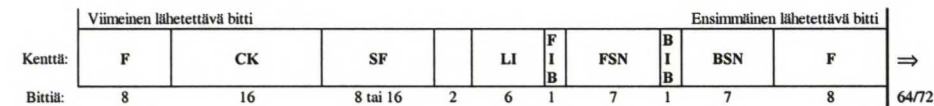
Sanomayksikössä seuraavana olevat kentät liittyvät sanomien vastaanottojärjestyksen ylläpitoon. *Kuittausnumero* (Backward Sequence Number, BSN) ilmoittaa viimeiseksi hyväksyttynä vastaanotetun tietosanomayksikön järjestysnumeron ja *lähetysnumero* (Forward Sequence Number, FSN) siirrettävän sanomayksikön järjestysnumeron.

Järjestysnumerokenttissä käytetään sanomayksiköiden järjestyksen valvontaan *lähetysbittejä* (Forward Indicator Bits, FIB) ja kuittaukseen *kuittausbittejä* (Backward Indicator Bits, BIB).

Sanomatyypistä riippuen merkinantosanomien pituudet vaihtelevat. Erityyppisten sanomien kuten tietosanoma- (MTP), kanavan tilasanoma- (LSSU) ja täytesanomayksikön (FISU) kohdalla on jo todettavissa sanoman rakenteessa selvä pituusero. Sanomien pituuden ilmoittaminen toteutetaan *pituusilmaisimen* (Length Indicator, LI) avulla. Tällä pituusilmaisinkentällä ilmaistaan LI-kentän ja *tarkastusbittien* (Check Bits, CK) välissä sijaitsevien bittioktettien lukumäärä. Tarkastusbittejä on aina vakiomäärä, 2 oktettia eli 16 bittiä, ja niitä käytetään virheiden ilmaisuun. Myöhemmin käsiteltävien *käyttäjäsien* (ISUP ja TUP) rakenteeseen liittyen LI-kentällä ilmoitetaan SIF- ja SIO-kenttien sisältämät bittioktetit. Tämä SIF- ja SIO-kenttien sisältämä bittimäärä tulee merkittäväksi mitattaessa merkinannon aiheuttaa kuormitusta puhelinverkon yksiköissä. Tarkemmin tähän aiheeseen palataan merkinannon teoreettista kuormitusrajaa laskettaessa ja käsiteltäessä *EWSD-*

puhelinjärjestelmän mittaamia liikenne- ja kuormitusarvoja. Sanomayksikön kuullessa tietosanomayksikköön LI-kentän välittämän parametrin arvo on kolmen ja 63:n välillä riippuen SIF- ja SIO-kenttien pituudesta.

Yllämainitun tietosanomayksikkösanoman lisäksi tiedonsiirtokanavan tilan valvontaa tehdään *kanavan tilasanomayksiköllä* (Link Status Signal Unit, LSSU). LSSU-sanoma eroaa MSU-sanomasta korvaamalla SIF- ja SIO-kentät *tilakentällä* (Status Field, SF), jolla välitetään kanavan toimintakyvystä kertovia parametreja. Erotuksena tietosanomayksikköön tilasanomayksikön LI-kentän välitettävän parametrin arvo on joko yksi tai kaksi riippuen SF-kentän pituudesta.



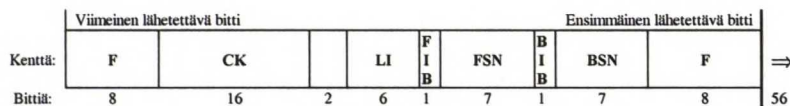
Kuva 7: Kanavan tilasanomayksikön (LSSU) rakenne [Posti88MTP]

Kanavan tilasanomayksikön SF-kenttä voi saada välitettäväkseen parametreja seuraavan taulukon mukaisesti. Normaalin käyttökuntoisen kanavatilán lisäksi on mahdollista välittää myös useampia erilaisiin epäkuntotiloihin liittyviä parametreja.

000	Out of alignment
001	Normal alignment
010	Emergency alignment
011	Out of Service
100	Processor Outage
101	Busy

Taulukko 1: Tilakentän (SF) siirtokanavan tilaa ilmaisevia parametreja [Tek94]

Jotta YKM-kanava pysyisi toimintakuntoisena myös silloin, kun kanavalla ei välitetä edellä mainittuja MTP- tai LSSU-sanomia, lähetetään kanavalla myös niin sanottuja täytesanomiam, *täytesanomayksiköitä* (Fill-In Signal Unit, FISU). Synkronoinnin takia tiedonsiirtokanavalla välitetään jatkuvasti joitakin sanomia eli vähintään FISU-sanomia, ellei kanavaa sitten tarvita varsinaiseen tiedonsiirtokäyttöön.

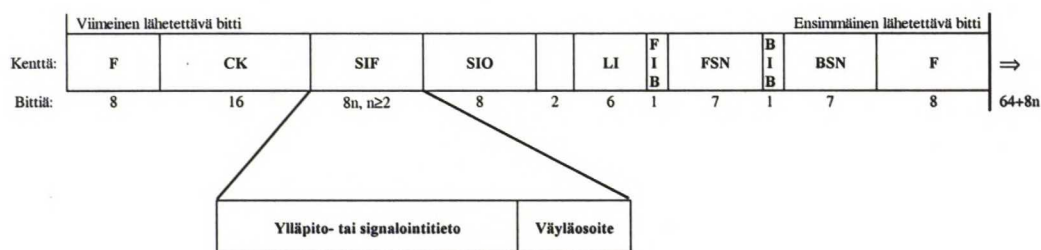


Kuva 8: Täytesanomayksikön (FISU) rakenne [Posti88MTP]

Täytesanomayksikössä on jätetty kokonaan MSU-sanoman SIF- ja SIO-kentät pois, joten FISU on hyvä esimerkki yksinkertaisimmasta yhteiskanavamerkinantosanomasta. Kun sanomayksikkö kuuluu täytesanomayksikköön, LI-kentässä välitetään parametrina nolla.

3.4.1.2 Ohjaussanomien rakenteet

Merkinantosanomien hallintaan kuuluu olennaisena osana sanomien reititys, jonka toteuttamisessa käytetään sanomissa mukana olevia osoitetietoja. Sanomien käsittelyssä tarvittavaa sanomien käyttäjien osoiteosaa kutsutaan *väyläosoitteeksi* (Routing Label). Väyläosoite sijaitsee merkinantoinformaatiokentän alussa ja sen pituus on 32 bittiä eli 4 oktetia.



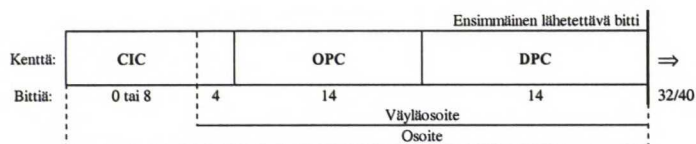
Kuva 9: Väyläosoite [Posti88MTP]

Tietosanomayksikön (MSU) SIF-kentässä siirretään merkinantosanomien kohdentamistietoa väyläosoitekentässä sekä kyseisen sanoman välittämää merkinantokanavan ylläpitoon liittyvää tietoa tai ylemmällä tasolla sijaitsevan käyttäjäosan signaointitietoa omassa kentässään. SIF-kentän pituus vaihtelee siirrettävää tietoa vastaavasti.

Osoitekentän rakenne vaihtelee hieman riippuen eri signaointien käyttäjäosista. Tarkasteltaessa *ISDN User Part* (ISUP) – ja *Telephone User Part* (TUP) –

käyttäjäsaprotokollia voidaan havaita näiden edellä mainittujen käyttäjäosien (User Part, UP) välillä olevan eroja jo väyläosoitteen rakenteessa.

Merkinantoverkossa käytetään standardoituja sanomia, jotta verkon eri osapuolet osaisivat tulkita oikein keskenään vaihtamiaan sanomia. Seuraavassa olevassa kuvassa on esitetty sanomien yhteyteen liitetty osoitekenttä TUP-signaalointia käytettäessä ja sen osana oleva väyläosoite.

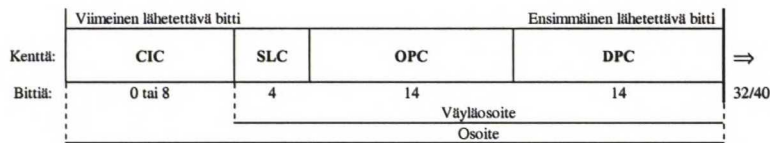


Kuva 10: Väyläosoitteen rakenne TUP-signaloinnilla [Posti88MTP]

Osoitepistekoodi (Destination Point Code, DPC) ilmaisee sanoman vastaanottajan osoitteen ja vastaavasti *lähtöpistekoodi* (Originating Point Code, OPC) sanoman lähettäjän osoitteen. Kullakin verkon signalointipisteellä on yksilöllinen, kansallisella tasolla hallintoitu *palvelupistekoodi* (Service Point Code, SPC). Suomessa näitä SPC-koodeja hallinnoi Telehallintokeskus (THK).

Väyläosoitteeseen kuuluu DPC- ja OPC-kenttien lisäksi myös *merkinantokanavan valintakenttä* (Signalling Link Selection, SLS). Tätä kenttää käytetään kuormanjakoon siirtokanavassa [Posti88MTP]. SLS-kentän perusteella kuormanjako tehdään joko saman kanavajärjestelmän kanavien välillä tai eri kanavajärjestelmiin kuuluvien kanavien välillä. Väyläosoite on määritetty 32 bittiä pitkäksi, joten SLS-kentän pituudeksi jää 4 bittiä DPC- ja OPC-kenttien viedessä yhteensä 28 bittiä. TUP-merkinannon kohdalla SLS-kenttä rakentuu *johdon tunnuskoodi* -kentän (Circuit Identification Code, CIC) neljästä vähiten merkitsevimmästä bitistä. Suoraan SLS-kenttään verrattavissa olevaa kenttää ei TUP-merkinantosanomista löydy, vaan määritys on tehty osaksi toista laajempaa CIC-kenttää. Tähän on ollut syynä eri tiedonsiirtoprotokollien rakenne-erot.

Seuraavassa kuvassa on esitetty väyläosoitteen rakenne [Posti88MTP] ISUP-signaloinnilla.

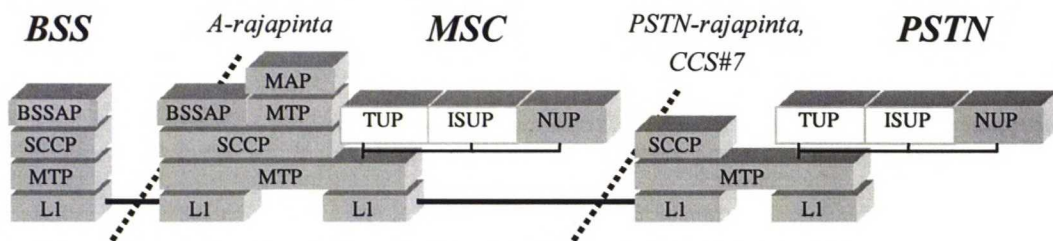


Kuva 11: Väyläosoitteen rakenne ISUP-signaloinnilla [Posti88MTP]

Erona TUP-signalointiin on selvästi erillinen SLS-kenttä. CIC-kenttä on erikseen väyläosoitteen ulkopuolella, mutta se kuuluu kuitenkin osoitteeseen. ISUP-signaloitiprotokollan kohdalla merkinantokanavan valintakenttä (SLS) on nimetty *merkinantokanavakoodiksi* (Signallink Link Code, SLC). Tällä SLC-koodilla osoitetaan osoite- ja lähtöpisteet yhdistävät merkinantokanavat. Ellei sanoman sisältämä informaatio kuitenkaan liity puhekanavien ohjausmerkinantoon, se koodataan 0000:ksi. Näin tehdään, kun sanomassa ei siirretäkään itse puheluihin kuuluvaa tietoa.

3.5 Yhteiskanavamerkinnän käyttäjäosat

Merkinantoverkon yhteisen sanomansiirto-osan tehtävänä on siirtää ylemmillä kerroksilla sijaitsevien *käyttäjäosien* (User Part, UP) informaatiota. YKM-mallin kannalta käyttäjäosat ovat kerroksessa neljä, mutta standardoinnin epäjohdonmukaisuudesta johtuen käyttäjäosat alkavat OSI-mallissa tasolta kolme ulottuen tästä ylöspäin aina tasolle seitsemän saakka. Eri kerroksista ja tasoista puhuttaessa on tärkeitä huomata erilaisuudet YKM- ja OSI-mallien välillä ja ilmaista selvästi, kummasta mallista on kulloinkin puhe.



Kuva 12: PSTN-rajapinnan merkinantoprotokollat [TIK109350]

Diplomityössä perehdytään tarkemmin *ISDN User Part* (ISUP) – ja *Telephone User Part* (TUP) –käyttjäosiin, joiden sijainnit on esitetty valkoisina laatikkoina edelläolevassa kuvassa. Molempia merkinantoja käytetään kiinteän puhelinverkon peruspalveluiden eli puheyhteyksien välittämiseen. Tämän lisäksi molemmat merkinannot tarjoavat lukuisia lisäpalveluita puhelinverkkoon. Uudet lisäpalvelut ovat ajan myötä tulleet käyttäjille tutuiksi ja he ovat alkaneet vaatia lisää uusia, monipuolisempia lisäpalveluita, jotka olisi pystyttävä toteuttamaan käytössä olevilla merkinantoprotokollilla. Tämä edellyttää merkinannoilta joustavuutta ja kykyä ennakoida tulevia tarpeita.

3.5.1 TUP-signaloinnin merkinantosanomien

Puhelinkäyttäjäosa-merkinantoa (Telephone User Part, TUP) käytetään vielä yleisesti joissakin maissa, vaikkakin merkinantoprotokolla on standardoitu vanhemman tyylin mukaisesti. TUP-protokollan käyttö on edellyttänyt kansainvälisen, yleisen standardin lisäksi myös kansallisia standardeja ja muutoksia toimiakseen kansallisten puhelinverkkojen edellyttämien maakohtaisten vaatimusten mukaisesti. Tämän takia TUP-merkinantosanomien on jouduttu räätälöimään kansallisesti ja luomaan kansallisia merkinantostandardeja. TUP-merkinantoa käyttävässä verkossa pystytään puhelinverkon peruspalveluiden lisäksi toteuttamaan myös lukuisia lisäpalveluita. Käyttäjien tottuessa uusiin palveluihin lisääntyvät samalla myös heidän vaatimuksensa. Uusien palveluiden yhteydessä onkin havaittu, etteivät TUP-merkinannon käyttämät sanomat olekaan riittävän monipuolisia uusien lisäpalveluiden toteuttamiselle. Tämän johdosta TUP-merkinannon merkitys on vähentynyt kehittyneempien ja monipuolisempien protokollien yleistyessä.

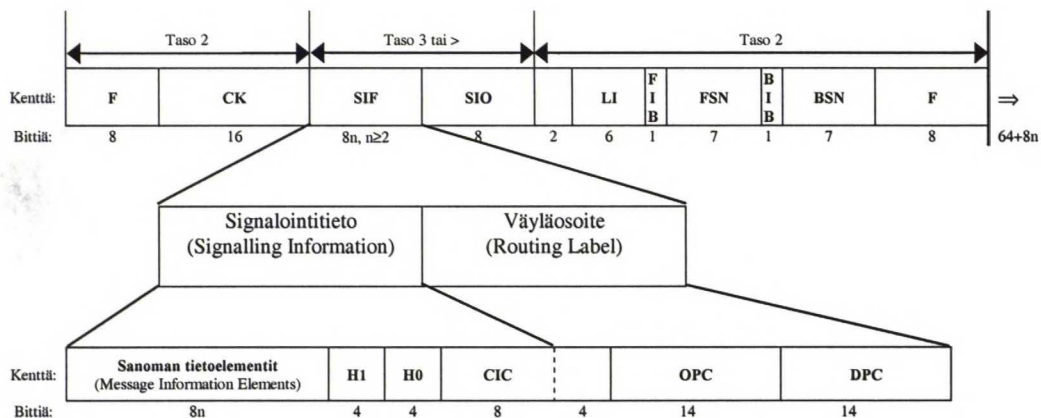
TUP on ollut Suomessakin yleisessä käytössä, vaikka myöhemmin käsiteltävä ISUP-merkinanto on vallannut paikan TUP-merkinantoyhteyksiltä. Tämän hetken puhelinverkoista puhuttaessa TUP-merkinanto on yleisessä käytössä ainakin Ranskan ja Kiinan kansallisissa puhelinverkoissa.

3.5.1.1 Sanomien rakenne

Puhelinkäyttäjää osaa standardoitaessa [CCITT88] havaittiin tarve merkinantoprotokollalle, joka on yhtäaikaaisesti käyttökelpoinen puhelinverkossa samanaikaisesti oleville digitaalisille ja analogisille yhteyksille. Tämän lisäksi on tarvittu korvaavaa merkinantoprotokollaa jo vanhentuneille, kansainvälisissä merkinantoyhteyksissä käytetyille merkinantoprotokollille. Kansallisten merkinantoeroavuuksien vuoksi merkinantoprotokollien yhtäaikainen sovittaminen sekä kansainväliseen että kansalliseen käyttöön on ollut hankalaa, joten TUP-merkinannon standardointi on jättänyt pelivaraa myös kansallisten puhelinverkkojen edellyttämille parametrimuutoksille.

Merkinantojen kehittäminen edellytti TUP-merkinannolta kykyä ohjata keskusten välillä olevia kahdensuuntaisia johtoryhmiä [Posti88TUP]. Tämän kahdensuuntaisen ohjauskyvyn lisäksi on kuitenkin tarpeen välittää myös yhdensuuntaiseen käyttöön varattuja puhejohtoja. Yhteyksien luomisessa on ollut tarve saada kahden keskuksen välille yhteys vähintään kahdella eri johtoryhmällä. Tämä varmistaa yhteyden toiminnan, jos toinen johtoryhmä joutuu vian ilmetessä epäkuntoon.

Sanomarakenteen kannalta puhelinkäyttäjää osassa määritellään merkinantosanomien muoto, sisältö sekä siirtojärjestys. Tietosanomayksikön (MSU) merkinantoinformaatiokenttä (SIF) koostuu pakollisista ja valinnaisista alikentistä. Seuraavassa kuvassa [Posti88TUP] on eritelty SIF-kentän rakenne TUP-merkinannon vaatimusten mukaan.



Kuva 13: TUP-sanoman kentät tietosanomayksikössä (MSU) [Tek94]

TUP-merkinantoprotokollan mukaista merkinantoinformaatiota sisältävien tietosanomayksiköiden (MSU) merkinantoinformaatiokenttä (SIF) on jaettu seuraaviin osiin: *osoite*, joka sisältää myös väyläosoitteen, *otsikko* ja *sanoman tietoelementit*. Pakollisia alikenttiä TUP-sanomissa ovat osoite ja otsikkokoodit [Posti88TUP].

Osoite jaetaan *merkinantopisteisiin* (Point Code, PC) sekä *johdon identifikointikoodeihin* (Circuit Identification Code, CIC). Aiemmin käsitellyn MTP-merkinannon kannalta osoite pystytään erittelemään vielä yllä olevan kuvan [Posti88TUP] mukaisesti *väyläosoitteeseen*, joka sisältää siis DPC-ja OPC-kentät sekä neljän bitin mittaisen osan CIC-kentästä. Osoitekenttä koostuu kokonaisuudessaan DPC-ja OPC-kentistä sekä kokonaisesta CIC-kentästä. Tämän alikentän pituus on kiinteä.

Osoitepistekoodina (Destination Point Code, DPC) käytetään 14 bitin mittaista kenttää [Posti88TUP] ilmaisemaan sitä merkinantopistettä, jolle sanoma on osoitettu. Vastaavan mittainen *lähtöpistekoodi* (Originating Point Code, OPC) ilmaisee merkinantopisteen, josta sanoma on lähetetty.

Otsikkokoodi (Heading Code) jakautuu kahteen neljän bitin pituiseen kenttään, H0 ja H1. Näitä otsikkokoodeja [Posti88TUP] käytetään ilmaisemaan, millaisesta sanomasta on kyse eli yksinkertaistettuna kerrotaan sanoman nimi. *Otsikkokoodilla H0* ilmaistaan *sanomaryhmä*, johon sanoma kuuluu, ja *otsikkokoodilla H1* indeksoidaan ilmoitetussa

sanomaryhmässä oleva sanoma. Nämä molemmat koodit yhdistämällä saadaan kullekin sanomalle *sanomatyyppi*, jonka avulla sanoma pystytään sitten nimeämään. Tämän alikentän pituus on kiinteä.

Varsinaiseen TUP-merkinantoon liittyvät tietoparametrit välitetään *sanoman tietoelementti* -kentässä [Posti88TUP]. Tähän tietoelementtikenttään kuuluvien alikenttien määrä vaihtelee merkittävästi sanomasta riippuen, joten tietoelementti-kentän pituus vaihtelee samoin sanomassa välitettävistä parametreista riippuen.

3.5.1.2 Perussanomat

Puhelinkäyttäjäosa-merkinannolle on määritetty useampia eri suositussarjoja, joiden lisäksi käytössä on myös lukuisia kansallisia variaatioita yleisistä standardeista. Suomessa käytössä oleva TUP-standardi sisältää myös maansisäisiä variaatioita [Posti88TUP]. Seuraavassa taulukossa on esitetty CCITT:n standardin mukaiselle Blue Book TUP-merkinannolle CCITT:n mukaan standardoidut merkinantosanomamat:

Sanoma ryhmä		Sanomatyyppi (Message Type)	H0 Koodi	H1 Koodi
FAM	IAM	Initial address message	0001	0001
	IAI	Initial address message with additional information		0010
	SAM	Subsequent address message		0011
	SAO	Subsequent address message with one signal		0100
FSM	GSM	General forward set-up information message	0010	0001
	COT	Continuity signal		0011
	CCF	Continuity-failure signal		0100
BSM	GRQ	General request message	0011	0001
SBM	ACM	Address complete message	0100	0001
	CHG	Charging message		0010
UBM	SEC	Switching-equipment-congestion signal	0101	0001
	CGC	Circuit-group-congestion signal		0010
	NNC	National-network-congestion signal		0011
	ADI	Address incomplete signal		0100
	CFL	Call-failure signal		0101
	SSB	Subscriber-busy signal		0110
	UNN	Unallocated-number signal		0111
	LOS	Line-out-of-service signal		1000
	SST	Send-special-information tone signal		1001
	ACB	Access barred signal		1010
	DPN	Digital path not provided signal		1011
	MPR	Misdialed trunk prefix		1100
	EUM	Extended unsuccessful backward set-up information message		1111
CSM	ANU	Answer signal, unqualified	0110	0000
	ANC	Answer signal, charge		0001
	ANN	Answer signal, no charge		0010
	CBK	Clear-back signal		0011
	CLF	Clear-forward signal		0100
	RAN	Reanswer signal		0101
	FOT	Forward-transfer signal		0110
	CCL	Calling party clear signal		0111
CCM	RLG	Release-guard signal	0111	0001
	BLO	Blocking signal		0010
	BLA	Blocking-acknowledgement signal		0011
	UBL	Unblocking signal		0100
	UBA	Unblocking-acknowledgement signal		0101
	CCR	Continuity-check-request signal		0110
	RSC	Reset-circuit signal		0111
GRM	MGB	Maintenance oriented group blocking message	1000	0001
	MBA	Maintenance oriented group blocking-acknowledgement message		0010
	MGU	Maintenance oriented group unblocking message		0011
	MUA	Maintenance oriented group unblocking-acknowledgement message		0100
	HGB	Hardware failure oriented group blocking message		0101
	HBA	Hardware failure oriented group blocking-acknowledgement message		0110
	HGU	Hardware failure oriented group unblocking message		0111
	HUA	Hardware failure oriented group unblocking-acknowledgement message		1000
	GRS	Circuit group reset message		1001
	GRA	Circuit group reset-acknowledgement message		1010
	SGB	Software generated group blocking message		1011
	SBA	Software generated group blocking-acknowledgement message		1100
	SGU	Software generated group unblocking message		1101
	SUA	Software generated group unblocking-acknowledgement message		1110
CNM	ACC	Automatic congestion control information message	1010	0001

Taulukko 2: *Blue Book TUP-sanomataulukko [CCITT88, Tek94]*

Taulukossa eriteltyt TUP-merkinantosanomiat on jaettu kahdeksaan eri sanomaryhmään [Posti88TUP]:

Osoitesanomiat eteenpäin (Forward address message, FAM) –ryhmään kuuluvilla sanomilla välitetään puhelun eteenpäin muodostamisessa tarvittavia osoitetietoja. Esimerkkinä tällaisesta osoitetiedosta on vastaanottajan puhelinnumeron eli niin sanotun B-numeron välittäminen eteenpäin joko itse aloitusosoitesanomassa tai sitä mahdollisesti seuraavissa jatko-osoitesanomissa.

Yhteydenmuodostamissanomat eteenpäin (Forward set-up message, FSM) –ryhmään kuuluu varsinaisten osoitesanomien lähettämisen jälkeen yhteyssuunnassa lähetettäviä sanomia, jotka täydentävät osoitesanomien lähettämisen jälkeen yhteyden muodostamisessa tarvittavia tietoja.

Pyyntösanomat taaksepäin (Backward set-up message, BSM) –ryhmään on määritelty yksittäisenä sanoma, jolla voidaan pyytää YKM-lähtökeskukselta lisää yhteydenmuodostamisessa tarvittavia tietoja.

Taaksepäinsanomat onnistuneesta puheluyrityksestä (Successful generated group blocking-acknowledgement message, SBM) –ryhmään kuuluu sanomia, joilla välitetään onnistuneeseen yhteydenmuodostamiseen liittyviä tietoja. Esimerkkeinä tällaisista tiedoista ovat numeron vastaanottoilmoitus- ja laskentasykäyssanomat.

Taaksepäinsanomat epäonnistuneesta puheluyrityksestä (Unsuccessful backward set-up message, UBM) –ryhmään kuuluu sanomia, joilla välitetään tietoja epäonnistuneesta yhteydenmuodostuksesta. Esimerkkinä tällaisesta tiedosta ovat ilmoitukset kutsutun liittymän tilasta (varattu, kytkemätön numero, liittymä pois käytöstä ja muut vastaavat tilanteet).

Puhelunvalvontasanomat (Call supervision message, CSM) –sanomaryhmään kuuluvat sanomat kertovat puhelun alkamisesta ja päättymisestä sekä rinnankytketymisestä. Esimerkkeinä ovat valvontatiedot B-tilaajan vastatessa puheluun tai B-tilaajan sulkiessa puhelun.

Johdonvalvontasanomat (Circuit supervision message, CCM) –ryhmään kuuluvat sanomat välittävät johdon ylläpitoon liittyviä tietoja. Tällaisia ovat tietyt kuittaukset ja estossa olevien johtojen tiedonannot.

Johtoryhmän valvontasanoma (Circuit group supervision messages, GRM) –ryhmän sanomissa siirretään johtoryhmien ylläpitoon liittyviä tietoja. Useamman johdon sisältämät johtoryhmät vaativat YKM-järjestelmän kannalta johtoryhmien tiloista kertovia johtojen ylläpitoon liittyviä sanomia, kuten esimerkiksi tiedot tiettyjen johtoryhmien telkeämisestä tai telkeämisen poistosta.

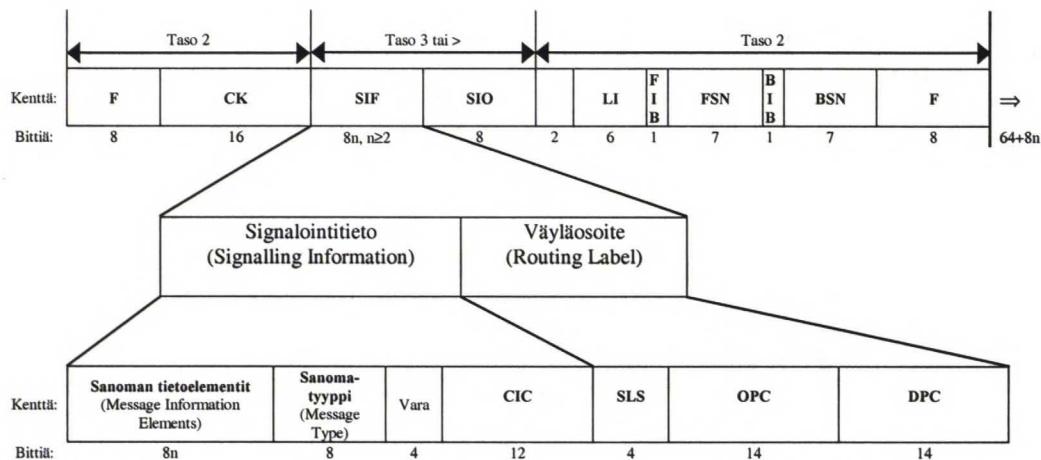
Johtoverkon hallintasanomaryhmään (Circuit network management message group, CNM) yksittäisenä kuuluvan sanoman tehtävänä [CCITT88] on välittää tietoa keskuksen ruuhkatiloista.

3.5.2 ISUP-signaloinnin merkinantosanomiat

ISDN-käyttäjäosaan (ISDN User Part, ISUP) perustuvan merkinannon tehtävänä on puhelinkäyttäjöiden (TUP) tavoin yksinkertaisimmillaan yhteyden muodostus ja purkaminen. ISUP-merkinanto on standardointitoteutukseltaan uudempaa perua kuin TUP. Merkinannon standardoinnissa on pyritty välttämään kansainvälisen standardoinnin jälkeen vaadittuja kansallisia muutoksia ja näin vähentämään kansallisia ISUP-protokollavariaatioita. ISUP-merkinantosanomien rakenne onkin tehty huomattavasti monipuolisemmaksi kuin TUP-sanomat. Kansallisten puhelinverkkojen signalointierojen takia ISUP-sanomien standardoinnissa on kiinnitetty huomiota etenkin sanomien parametrisoituihin rakenteeseen, jolloin maakohtaiset muutokset on parametrien avulla helpompi liittää merkinantosanomissa välitettävään informaatioon ilman sanomien rakenteiden muuttamista.

3.5.2.1 Sanomien rakenne

ISUP-signalointi-protokollan sanomille on standardoinnissa määrätty tietty sanomarakenne, joka poikkeaa loogisuudellaan merkittävästi TUP-merkinantosanomista. Tietosanomayksikön (MSU) merkinantoinformaatiokenttä (SIF) on jaettu useampiin eri osiin, joissa ilmenee kuitenkin eroavuuksia muihin vastaavanlaisiin käyttäjäosiin verrattaessa. Varsinaiset ISUP-merkinantoon kuuluvat parametrit ja näiden avulla välitettävä merkinantoinformaatio välitetään seuraavan kuvan mukaisesti *sanoman tietoelementit* -kentässä, vaikkakin myös muut kentät on sovitettu ISUP-merkinannon edellyttämään muotoon.



Kuva 14: ISUP-merkinantoon kuuluvat kentät tietosanomayksikössä (MSU) [Tek94]

ISUP-merkinantoprotokollan mukaista merkinantoinformaatiota sisältävien tietosanomayksiköiden (MSU) merkinantoinformaatiokenttä (SIF) on jaettu rakenteen mukaisesti seuraaviin eri osiin: väyläosoite, johdon identifikointikoodi, sanomatyyppi ja sanoman tietoelementit.

Väyläosoitetta (Routing Label) käytetään sanoman lähettäjän ja vastaanottajan osoittamiseen, kuten edellä olevassa sanomansiirto-osaa käsittelevässä luvussa on tarkemmin esitetty.

Johdon identifikointikoodeilla (Circuit Identification Code, CIC) ilmaistaan puhekanavat, joita välitettävänä olevilla merkinantosanomilla ohjataan. CIC-koodien avulla on mahdollista yhdistää merkinantosanomissa siirrettävä, puheyhteyksien ohjaukseen käytettävä informaatio niitä vastaaviin tuleviin ja lähteviin puhekanaviin. Näin siirrettävä merkinanto pystytään kohdentamaan oikeisiin puheyhteyksiin.

CIC-koodin ja sanomatyyppin välissä oleva neljän bitin pituinen kenttä on jätetty merkinannon kannalta määrittelemättä. Koska tulevaisuus tuo mukanaan jatkuvasti erilaisia muutostarpeita, on näihin hyvä varautua sanomarakenteissa olevilla ylimääräisillä, käyttämättömillä sanomaosilla, jotka voidaan jälkistandardoinnilla määritellä uusien parametrien välittämiseen.

Sanomatyyppi (Message Type) on pakollinen kaikille ISUP-protokollaa käyttäville merkinantosanomille. Tällä koodilla määritellään yksiselitteisesti jokaisen ISUP-sanoman toiminta ja muoto sekä nimetään merkinantosanomissa välitettyä informaatiota vastaavasti. Esimerkkeinä ISUP-merkinantosanomista voi mainita puhelun aloittavan sanoman, *aloitusosoitteen* (Initial Address, IAM) ja puhelun lopettamisen aloittavan sanoman, *purkamisen* (Release, REL).

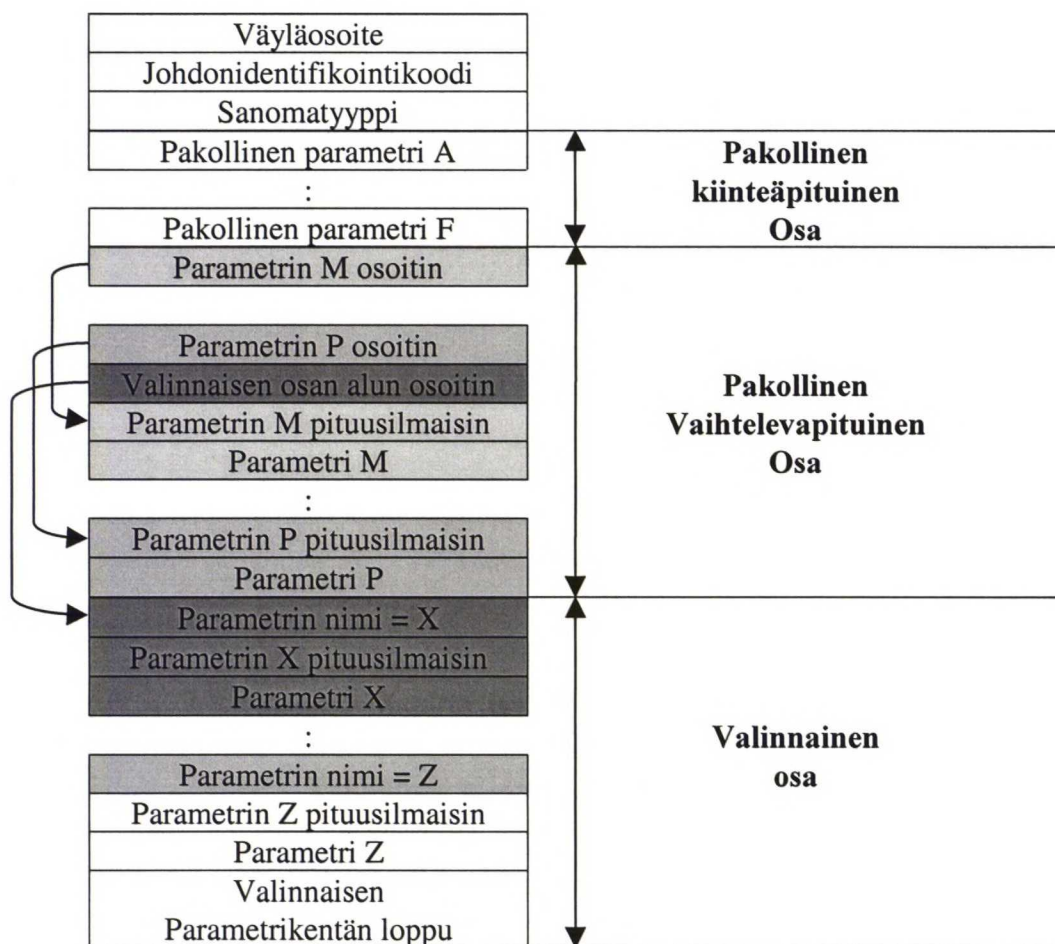
Signalointitietoon kuuluu myös *sanoman tietoelementtejä*, joissa välitetään varsinaiset ISUP-merkinannon parametrit. Merkinantoparametreille on ISUP-merkinantosanomissa varattu kolme osaa, jotka näkyvät myös seuraavassa ISUP-sanoman rakennetta esittävässä taulukossa:

Väyläosoite (Routing Label)
Johdon identifikaatikoodi (CIC)
Sanomatyypikoodi (Message Type Code)
Pakollinen kiinteäpituinen osa (Mandatory fixed part)
Pakollinen vaihtelevapituinen osa (Mandatory variable part)
Valinnainen osa (Optional part)

Taulukko 3: *ISUP-sanoman osat [Posti90ISUP]*

Merkinantosanomien rakenne mahdollistaa sanomien kokoon vaikuttavien osien erittelemisen. ISUP-sanomien *pakollinen kiinteäpituinen osa* ja *pakollinen vaihtelevapituinen osa* ovat jokaisessa ISUP-sanomassa, vaikkakin jälkimmäisessä osassa välitettävien parametrien määrä vaihtelee sanomasta riippuen. Tämän lisäksi ISUP-merkinantosanomiin voidaan liittää *valinnainen osa*, jossa välitetään ylimääräisiä merkinantoparametrejä.

Seuraavassa kuvassa esitetään ISUP-merkinantosanomien rakenteen toimintaperiaate välitettävien parametrien alkukohtien osoittimiseen sekä parametrien sisällön pituusilmaisimiseen.



Kuva 15: ISUP-sanomarakenteen periaatteet [Posti90ISUP]

Pakollinen kiinteäpituinen osa (Mandatory fixed part) käsittää merkinantosanomissa vakipaikoilla olevat kiinteäpituiset, pakolliset parametrikentät. Sanomatyyppistä riippuen tämä osa on *parametrien* sijainnin, pituuden ja järjestyksen kannalta ennalta määrätty. Kiinteän osan pituus vaihtelee yhdestä kuuteen tavuun eli bittioktettiin sanomatyyppistä riippuen. Edellä olevassa taulukossa [Posti90ISUP] on esitetty pakollisten parametrien A ja F sijainti sanomarakenteessa.

Pakollinen vaihtelevapituinen osa (Mandatory variable part) on sanoman osa, jonka pituus ei ole edellä mainittujen sanomaosien tavoin ennalta määrätty. Sanomaosan

alussa käytetään *osoittimia*, joilla sitten ilmaistaan tarkemmin tässä osassa olevien parametrien sijainnit. Pakolliseen vaihtelevapituiseen osaan on ennalta määritelty kentät sekä *parametreille* että näihin parametreihin viittaavien osoittimien lukumäärille samoin kuin kunkin parametrin nimelle ja osoittimien lähetysjärjestykselle, joten lähetettäviä parametrejä ei tarvitse erikseen nimetä. Yhden oktetin pituiset osoitinkoodit sijaitsevat tämän osan alussa ja niillä viitataan myöhemmin tässä osassa olevien parametrien *pituusilmaisimiin*, joilla parametrin pituus on ilmaistu. Parametrin pituusilmaisimen jälkeen välitetään parametrin sisältö. Edellisessä taulukossa [Posti90ISUP] on esitetty vaihtelevapituisten parametrien M ja P osoittimet sekä näiden pituusilmaisimet ja itse parametrikentät. Joistakin sanomista voi vaihtelevapituinen osa myös puuttua kokonaan, jolloin osoitin voidaan kokonaan jättää pois tai vaihtelevapituista osaa ei sitten käytetä [Posti90ISUP] parametrien välittämiseen, jolloin osoitin koodataan nolllaksi.

Valinnaisella osalla (Optional part) on mahdollista liittää merkinantosanomiiin ylimääräisiä, vaihtelevia parametrejä, joita ei aina välitetä merkinantosanomilla. Nämä valinnaiset parametrit voidaan lähettää sekalaisessa järjestyksessä, joten sanomarakenteen säilymisen takia jokainen parametri sisältää yhden oktetin pituisina kenttinä *parametrin nimen* ja *pituusilmaisimen*, joita seuraa *parametrin* sisältökenttä [Posti90ISUP].

3.5.2.2 Perussanommat

Seuraavassa taulukossa on esitetty ISUP-merkinannolle standardoidut merkinantosanommat.

	Sanomatyyppi (Message Type)	ANSI	CCITT	Koodi
IAM	Initial Address	X	X	0000 0001
SAM	Subsequent Address		X	0000 0010
INR	Information Request	X	X	0000 0011
INF	Information	X	X	0000 0100
COT	Continuity	X	X	0000 0101
ACM	Address Complete	X	X	0000 0110
CON	Connect	X		0000 0111
FOT	Forward Transfer	X	X	0000 1000
ANM	Answer	X	X	0000 1001
REL	Release	X	X	0000 1100
SUS	Suspend	X	X	0000 1101
RES	Resume	X	X	0000 1110
RLC	Release Complete	X	X	0001 0000
CCR	Continuity Check Request	X	X	0001 0001
RSC	Reset Circuit	X	X	0001 0010
BLO	Blocking	X	X	0001 0011
UBL	Unblocking	X	X	0001 0100
BLA	Blocking Acknowledgement	X	X	0001 0101
UBA	Unblocking Acknowledgement	X	X	0001 0110
GRS	Circuit Group Reset	X	X	0001 0111
CGB	Circuit Group Blocking	X	X	0001 1000
CGU	Circuit Group Unblocking	X	X	0001 1001
CGBA	Circuit Group Blocking Acknowledgement	X	X	0001 1010
CGUA	Circuit Group Unblocking Acknowledgement	X	X	0001 1011
CMR	Call Modification Request		X	0001 1100
CMC	Call Modification Completed		X	0001 1101
CMRJ	Call Modification Reject		X	0001 1110
FAR	Facility Request		X	0001 1111
FAA	Facility Accepted		X	0010 0000
FRJ	Facility Rejected		X	0010 0001
LPA	Loop Back Acknowledgement	X	X	0010 0100
DRS	Delayed Release		X	0010 0111
PAM	Pass Along	X	X	0010 1000
GRA	Circuit Group Reset Acknowledgement	X	X	0010 1001
CQM	Circuit Query	X	X	0010 1010
CQR	Circuit Query Response	X	X	0010 1011
CPG	Call Progress	X	X	0010 1100
USR	User-to-User Information		X	0010 1101
USIS	Unequipped Circuit Identification Code	X	X	0010 1110
CFN	Confusion	X	X	0010 1111
OLM	Overload		X	0011 0000
CRG	Charge Information		X	0011 0001
CRA	Circuit Reservation Acknowledgement	X		1110 1001
CRM	Circuit Reservation	X		1110 1010
CVR	Circuit Validation Response	X		1110 1011
CVT	Circuit Validation Test	X		1110 1100
EXM	Exit	X		1110 1101

Taulukko 4: ISUP-sanomataulukko ANSI:n ja CCITT:n mukaan [Tek94, ETSI92ISUP]

ISDN merkinantosanomaa ei ole jaettu TUP-merkinantoprotokollan mukaisesti eri ryhmiin vaan sanomatyyppejä käsitellään yksitellen. Sanomien käsittelyssä käytetään pääsääntöisesti lähetyksen kuittausperiaatetta eli sanoman lähettäjä odottaa sopivalla sanomalla annettavaa kuittauslähettäjänsä sanomaan.

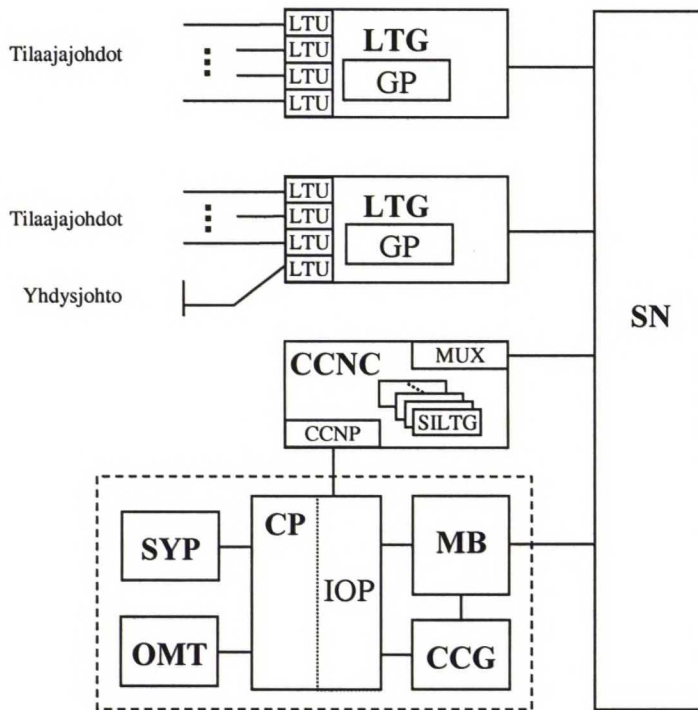
4 EWSD-järjestelmä

Digitaalisuus ja tietokoneohjaus ovat tulleet tämän hetken yleisen puhelinverkon keskusjärjestelmien ominaisuuksiksi. Nämä molemmat määritykset pätevät myös käsiteltävänä olevaan Siemensin *EWSD*-keskusjärjestelmään (Elektronisches Wählsystem Digital, EWSD) [Sie87]. Tämän lisäksi puhelinverkkojen eri ominaisuudet ovat asettaneet puhelinkeskusjärjestelmälle uusia vaatimuksia, jotka on myös järjestelmän kohdalla otettava huomioon. Tähän on pyritty myös EWSD-järjestelmässä.

Laajan soveltuvuusalueensa ansiosta EWSD-järjestelmän keskuksia voidaan käyttää lukuisissa puhelinverkon eri osissa. Tilaajamäärät voivat vaihdella pienistä muutamia satoja tilaajia hallitsevista paikalliskeskuksista aina satojentuhansien tilaajien keskuksiin [Sie87]. EWSD-järjestelmää voidaan käyttää kiinteässä puhelinverkossa sekä paikallis- että kaukokeskuksena, kuten myös solmukeskuksena, kansainvälisen puhelinliikenteen kaukokeskuksena tai jopa edellä mainittujen ominaisuuksien kombinaatioina. EWSD-järjestelmän käyttö on mahdollista kiinteän puhelinverkon lisäksi myös matkapuhelinverkossa. Joustavuutensa ansiosta EWSD-järjestelmä voi toimia lukuisissa matkapuhelinverkon eri tehtävissä, joista voi mainita matkapuhelinverkoissa käytetyt HLR- ja VLR-keskukset, sekä matkapuhelinverkon osana toimivat MSC-keskukset ja puheyhteyksien välittämiseen osallistuvat kauttakulkukeskukset.

4.1 EWSD-järjestelmän rakenne

EWSD-keskusjärjestelmän laitteistot ja ohjelmistot on pyritty toteuttamaan tasoittain rakentuvista lohkoista, joiden väliset rajapinnat sekä keskinäinen hierarkia on tarkoin standardoitu. Tämä tuo lisää joustavuutta ja järjestelmän laajentaminen muodostuu helpommin hallittavaksi.



Kuva 16: EWSD-keskuksen pää rakenne [Sie93, Sie96CP]

Yllä olevassa kuvassa on esitetty EWSD-puhelinkeskuksen keskeisimmät toimintayksiköt [Sie93]:

- *Keskusprosessori* (Coordination Processor, CP), jonka liitäntäyksikkönä SN:n puolella on *sanomapuskuri* (Message Buffer, MB).
- *Yhteiskanavamerkinannon ohjaus* (Common Channel Signaling Network Control, CCNC).
- *KytKentäkenttä* (Switching Network, SN).
- *Tilaaja- ja yhdysjohtoryhmä* (Line Trunk Group, LTG) ja sitä ohjaava *ryhmäprosessori* (Group Processor, GP).

Puhelinkeskuksen tulevien tilaajien puhejohdot on kytketty LTU-yksiköiden (Line/Trunk Unit, LTU) kautta LTG-yksikköön. Tämän lisäksi puhejohtojen rinnalla on merkinannon välittämiseen käytettäviä yhdysjohtoja. Yhteisen kytKentäkentän (SN) kautta välitetään varsinaisia puheyhteyksiä sekä keskuksen sisäisessä merkinannossa käytettäviä erilaisia sanomia, komentoja, pyyntöjä ja raportteja. Hierarkisesti

hallitsevimpana yksikkönä ohjauksessa on CP. Seuraavissa luvuissa on perehdytty tarkemmin näihin yllä olevassa kuvassa esiintyviin keskusjärjestelmän osiin.

4.1.1 Keskusprosessori, CP

Puhelinkeskuksen älykkäimpänä yksikkönä toimii puhelinkeskuksen toimintoja ohjaava *keskusprosessori* (Coordination Processor, CP) [Sie96CP], jota voi kutsua puhelinkeskuksen aivoiksi. Puhelinkeskuksen tehtävänä on välittää eri suunnista tulevia sekä toisaalle lähteviä puhe- ja merkinantoyhteyksiä. Ylimpänä ohjaavana yksikkönä tässä toimii keskusprosessori, joka antaa ympärillä olevasta muusta puhelinverkosta saamiensa toimintapyyteiden mukaan käskyjä puhelinkeskuksen muille yksiköille. Keskusprosessorin tehtävänä on hallita keskusta ylimmältä tasolta, vaikkakin paikallista prosessointia edellyttäviä toimintoja on jaettu keskuksen sisäisesti järjestelmän muissa yksiköissä sijaitseville paikallisprosessoreille.

Keskusprosessorin sisäisenä sanomapuskurina on *syöttö- ja tulostusprosessori* (Input and Output Processor, IOP), joka valvoo sanomavirtaa CP-yksikön prosessoreiden ja muiden keskuksen yksiköiden välillä. CP:n ja kytkentäkentän välissä on *sanomapuskuri* (Message Buffer, MB) [Sie96MB], jonka kautta välittyvät CP:n LTG-yksiköille takaisin lähettämät komennot (command). *Keskeisen kellopulssigeneraattorin* (Central Clock Generator, CCG) antamaa keskuksen synkrointipulssia välitetään sanomapuskurin kautta keskusjärjestelmän muille laiteyksiköille.

Puhelinjärjestelmän ylläpitäjiä [Sie93] varten CP:hen on liitetty ulkoinen *käyttö- ja kunnossapitopääte* (Operation and Maintenance Terminal, OMT), jonka avulla järjestelmän toimintaa pystytään ohjaamaan. Toisena ylläpitäjille tarkoitettuna lisäyksikkönä on *järjestelmäpaneeli* (System Panel, SYP), joka ilmoittaa keskuksen toiminnassa ilmenevistä hälytyksistä.

4.1.2 Yhteiskanavamerkinannon ohjaus, CCNC

Yhteiskanavamerkinannon ohjaus -yksikkö (Common Channel Signaling Network Control, CCNC) on liitännässä CP-yksikköön ja kytkentäkenttään (SN). Sisäisen

rakenteen [Sie96CCNC] kannalta CCNC:ssä on kolme pääyksikköä: *MUX-järjestelmä* (Multiplex system, MUX), useampi *SILT-ryhmä* (Signaling Link Terminal Group, SILTG) ja *yhteiskanavamerkinannon ohjauksen prosessori* (Common Channel Signaling Network Processor, CCNP).

CCNP huolehtii CCNC-yksikön ohjauksesta. CCNC-yksikön tehtävät sisältävät YKM-kerroksien 2 ja 3 toimintoja, joihin kuuluvat muun muassa [Sie87] merkinantokanavien hallinta ja merkinantosanomien väylöitys. Tarkemmin kerrosten 2 ja 3 tehtävistä on kerrottu yhteiskanavamerkinantoa käsittelevissä luvuissa.

4.1.3 Kytkentäkenttä, SN

EWSD-järjestelmän eri laiteyksiköiden kytkentäpintana toimii *kytkentäkenttä* (Switching Network, SN). Ulkoisia puhejohtoja vastaanottavat laiteyksiköt sekä puhelinkeskusta ohjaavat yksiköt kommunikoivat kytkentäkentän välityksellä keskenään,. Kytkentäkentän kautta ohjataan tarvittaessa myös puheyhteyksiä. Merkinantokanavien sanomaliikenne ohjataan kytkentäkentän kautta puhelinkeskuksen ohjausyksiköille, kuten CCNC:lle, jotka sitten välittävät ohjauskäskyt tämän saman kytkentäkentän kautta ohjausta vaativille yksiköille.

4.1.4 Tilaaja- ja yhdysjohtoryhmä, LTG

Merkinanto- ja puhekanavat on kytketty keskukseen *tilaaja- ja yhdysjohtoryhmän* (Line Trunk Group, LTG) kautta. Tämän laiteyksikön tehtävänä [Sie87] on muodostaa liitäntärajapinta keskukseen liitettäville erilaisille tilaaja- ja merkinantojohdoille. LTG:n kautta puhelinkeskus kytketään ulkopuolisiin puhelinverkkoihin.

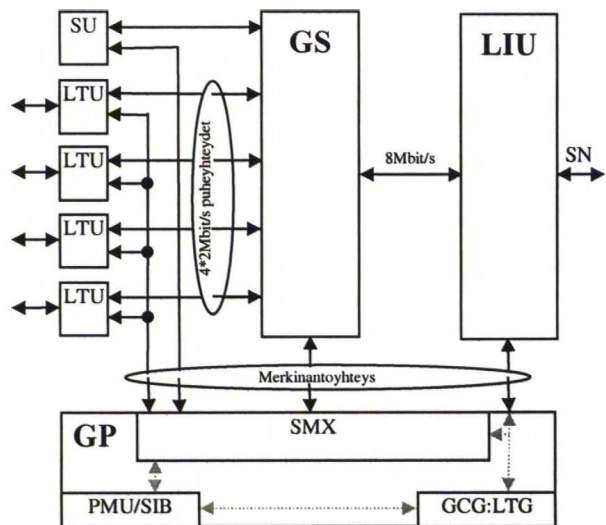
LTG-yksikkö rakentuu viidestä toiminnallisesta yksiköstä, jotka on esitetty seuraavassa kuvassa.

Ulkoiset PCM-johdot yhdistetään *tilaaja/yhdysjohto* -yksiköiden (Line/Trunk Unit, LTU) kautta LTG:hen. Jokainen PCM-kaapelipari vaatii oman LTU-yksikön, joiden kautta keskukseseen voidaan kytkeä puhe- tai merkinantoyhteyksiä sisältäviä johtoja, mutta myös sekä puhe- että merkinantoyhteyksiä sisältäviä johtoja. Näissä LTU-yksiköissä eritellään johdoilla kulkevat puhe- ja merkinantokanavat toisistaan. 2Mbit PCM-yhteyksien

kanssa käytettäviä LTU-laiteyksiköitä nimitetään tarkemmin *digitaalisiksi liitäntäyksiköiksi* (Digital Interface Unit, DIU). LTG-yksiköitä on erityyppisiä [Sie94LTG] ja maksimissaan LTG-N-tyyppiseen yksikköön voidaan kytkeä 16 PCM-linkkiä ja sama määrä LTU-yksiköitä. Testausjärjestelyssä käytettyjen LTG:iden maksimaalinen välityskyky on suunniteltu kuitenkin neljälle PCM-linkille, joten tämä määrää myös DIU-yksiköiden lukumääräksi LTG:tä kohden neljä ja LTG:n välityskapasiteetiksi 8 Mbit/s.

Puheyhteydet välitetään yllä olevan kuvan mukaisesti LTU-yksiköiden läpi *ryhmäkytkimelle* (Group Switch, GS), joka vastaa PCM-yhteyksien aikavälien ja bittien siirron ohjauksesta. Yllä olevan kuvan mukaisesti GS-yksikön kautta siirretään LTU-yksiköiden PCM-johdoilta vastaanottama puhekanavien informaatio eteenpäin

PCM-johdoilta tulevat merkinantosanomien ohjataan yllä olevan kuvan mukaisesti LTU:ilta edelleen *ryhmäprosessorille* (Group Processor, GP). Ryhmäprosessorissa sijaitsevan *GP-ohjelmiston* varsinaisena tehtävänä [Sie96LTG] on ohjata oman LTG:n alaisuudessa olevia puhe- ja merkinantojohtoja sekä hoitaa keskuksen muiden



Kuva 17: *Tilaaja- ja yhdysjohtoryhmän (LTG) lohkorakenne [Sie94LTG]*

yksiköiden välistä sisäistä merkinantoa. Puhelinverkosta tulevien käyttäjäosien (ISUP ja TUP) merkinantosanomien muunnetaan GP:ssä EWSD-keskuksen ymmärtämään muotoon ja lähetetään edelleen jatkokäsittelyä varten seuraaville laiteyksiköille. Tämä tapahtuu myös päinvastaisessa järjestyksessä vastaanottaessa keskuksen sisäisiä sanomia. Ryhmäprosessorin muista tehtävistä voidaan myös mainita LTG-yksikön HW- ja SW-vikojen havainnointi ja esikäsittely sekä vikaraporttien välittäminen edelleen CP-yksikölle. GP välittää CP-yksikölle myös liikennetietoja CP:n omia liikennemittauksia varten.

Linkkiliittäyksikkö (Link Interface Unit, LIU) toimii sekä puheyhteyksien että sisäisen merkinannon rajapintana kytkentäkentän suuntaan. *Merkinantoyksikkö* (Signal Unit, SU) on tarkoitettu verkossa tarvittavien äänisignaaleiden tuottamiseen sekä vastaanottamiseen. Merkinantoyksikössä on tätä tehtävää varten äänigeneraattorit sekä koodivastaanottimet.

4.1.4.1 Ryhmäprosessorin GP rakenne

Ryhmäprosessoriin tulevien merkinantoyhteyksien vastaanottajana toimii SMX (*Signal Multiplexer*, SMX) [Sie94LTG]. Tämän yksikön tehtävänä on toimia GP:n sisäisenä multiplekserinä jakaen sisäisiä merkinantoyhteyksiä LTG:n eri yksiköiden välillä.

GP-yksikön varsinaisena prosessorina toimii PMU (*Processor Memory Unit*, PMU/SIB), joka sisältää dynaamisen RAM-muistin sekä GP:n käynnistys- että OS-ohjelmiston. SMX-yksikön kautta tulevat sanomat ohjataan ensiksi PMUn sanomapuskuriin, jos prosessori ei pysty heti käsittelemään kaikkia vastaanottamia sanomia.

LTG-yksikön tahdistamisesta pitää huolen LTG:n GCG (*Group Clock Generator for Line/Trunk Group*, GCG:LTG). LTG:n kelloyksikön tehtävänä ei ole kuitenkaan pelkästään tilaaja- ja yhdysjohtoryhmän synkronointi vaan GCG-yksikkö huolehtii lisäksi myös sisäisistä signaaliyhteyksistä PMU-yksikön ja koko keskusjärjestelmää ohjaavan CP-yksikön välillä. GCG-yksikkö vastaanottaa PMU-yksiköltä johtomerkinannon aiheuttamia sisäisiä järjestelmävasteita ja välittää ne eteenpäin LIU-

yksikölle. LTG-yksikön kytkentäkentästä vastaanottamien keskuksen sisäisten GP:lle tarkoitettujen merkinantosanomien välittäminen tapahtuu myös GCG:n kautta.

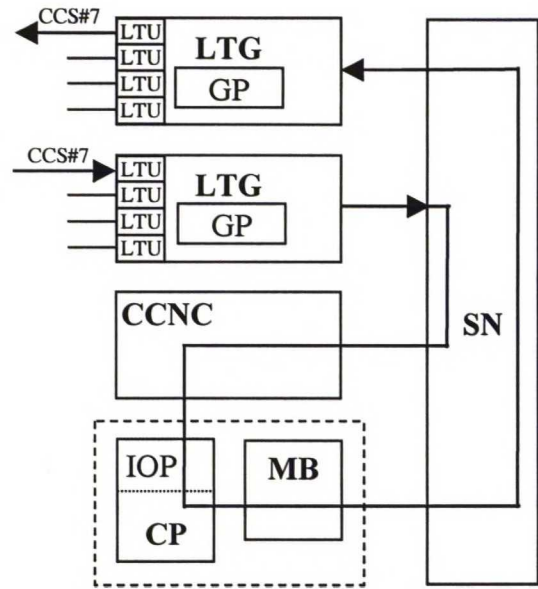
4.1.5 Keskuksen sisäinen merkinanto

Puhelinkeskuksen eri yksiköiden yhteistoiminta edellyttää tietojenvaihtoa keskuksen sisäisesti tähän osallistuvien yksiköiden välillä. Keskukseen tuleva ulkoinen merkinanto vaikuttaa omilla sanomillaan suoraan rajapinnassa oleviin laiteyksikköihin, mutta ulkoisissa rajapinnoissa olevien laiteyksiköiden on pystyttävä kommunikoimaan järjestelmän sisäisesti myös keskenään. Puhelinkeskuksen hierarkisen rakenteen vuoksi keskusta ohjaavien yksiköiden on syytä tietää, mitä alemmilla tasoilla sijaitsevat laiteyksiköt tekevät.

Tässä työssä perehdytään erityisesti LTG:hen ja tutkitaan eri johtomerkinantojen vaikutuksia LTG:n toimintaan. Jotta LTG pystyy toimimaan ulkoisten johtojen kautta tulevan merkinannon kanssa, täytyy LTG:n oman ohjausyksikön, ryhmäprosessorin (GP), kommunikoida sisäisen merkinannon avulla keskuksen muiden laiteyksiköiden, kuten CP:n, CCNC:n ja muiden LTG:iden ryhmäprosessorien (GP), kanssa.

EWSD:n sisäisellä merkinannolla GP lähettää CP-yksikön suuntaan sanomia (*message*; $GP \Rightarrow CP$) ja vastaanottaa CP:ltä komentoja (*command*; $CP \Rightarrow GP$). CCNC:n ja GP:n välisessä sisäisessä merkinannossa vaihdetaan pyyntöjä (*order*; $GP \Leftrightarrow CCNC$) ja eri LTG:iden ryhmäprosessorien (GP) välillä vaihdetaan raportteja (*report*; $GP \Leftrightarrow GP$). Seuraavassa kuvassa havainnollistetaan keskuksen sisäistä sanomien kulkua LTG-yksiköltä toiselle. Ehtona kuvassa käytettävälle sanomajärjestykselle on CCS#7-yhteiskanavamerkinannon käyttö johtomerkinantona.

Merkinannon aiheuttama kuormitus ei kohdistu tasaisesti keskuksen eri laiteyksikköihin, vaan muutamia niin sanottuja pullonkauloja on todettavissa. Merkinannon prosessointiin liittyvänä ensimmäisenä pullonkaulana on LTG-yksiköiden käsittelykyky, koska nämä vastaanottaa ulkoisilta johdoilta tulevat merkinantosanomamat ja samalla esikäsittelee ne. Viereisessä kuvassa on esitetty yksinkertaistettuna keskuksen sisäisen merkinannon välitys eri laiteyksiköiden välillä. LTG-yksikön jälkeen seuraavaksi mahdolliseksi



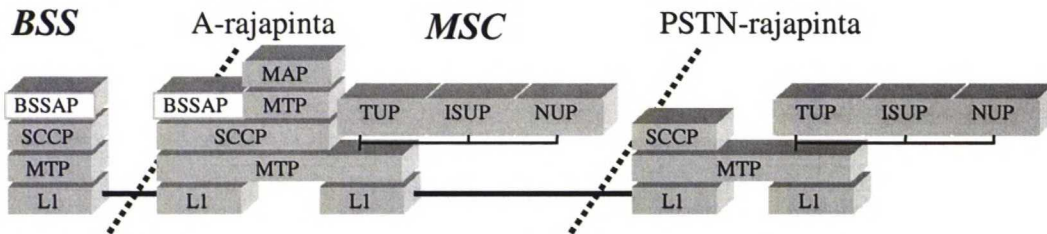
Kuva 18: Yhteiskanavamerkinannon reititys EWSD-keskuksessa [Sie94LTG]

pullonkaulaksi muodostuu CCNC-yksikön välityskyky, jonka häiriötilat vaikuttavat jo muidenkin LTG-yksiköiden toimintaan. Järjestelmän ylimmän yksikön eli CP:n toimivuus on varmistettu mahdollistamalla sanomien käsittely useamman CP:ssä sijaitsevan prosessorin kesken [Sie98SSS]; osa hallinnoi puhelinkeskusta (Base Processor, BAP) ja osa vastaa vain puheluiden prosessoinnista (Call Processor, CAP). Minimi vaatimus järjestelmälle on yksi BAP-prosessori. Prosessointikapasiteetin ylikuormitus CP:ssä vaikuttaa jo koko keskuksen toimintaan saattaen jopa lamauttaa koko keskuksen toiminnan, joten CP-yksikön välityskyvyn on myös pystyttävä vastaamaan järjestämisen vaatimuksiin.

4.2 EWSD-järjestelmä matkapuhelinkeskuksena

Joustavan rakenteensa ansiosta EWSD-puhelinkeskuksen käyttö on mahdollista myös GSM-matkapuhelinverkon keskuksena. Tämä edellyttää muutamia hardware-lisäyksiä puhelinkeskukseen sekä muutoksia puhelinkeskuksessa toimiviin ohjelmisto-osiin. Matkapuhelinverkon aiheuttamia ohjelmistomuutoksia joudutaan tekemään etenkin matkapuhelinverkon rajapinnoissa käytettäviin LTG-yksikköihin. LTG:ssä ajettavan

GP-ohjelmiston täytyy toimia GSM-verkon protokollien kanssa, joten A-rajapinnassa olevien yksiköiden täytyy pystyä ymmärtämään matkapuhelinverkossa tarvittavat merkinantosanomien.



Kuva 19: A-rajapinnan merkinantoprotokollat [Mouly92, TIK109350]

Yllä olevassa kuvassa on esitetty MSC-keskuksen ja tukiasemien välinen matkapuhelinverkon A-rajapinta sekä tämän rajapinnan kautta toimiva BSSAP-merkinantoprotokolla (Base Station System Application Protocol, BSSAP).

5 LIIKENNEKUORMA

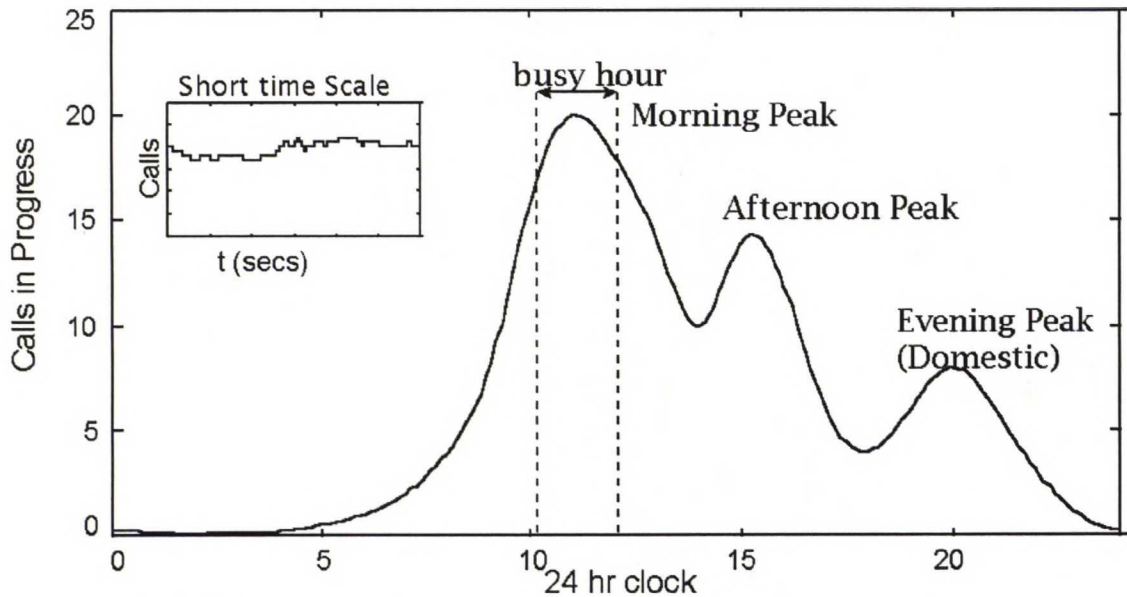
Tietoliikenneyhteyksiä käsiteltäessä ja niiden käyttöä optimoitaessa on tärkeää pystyä todentamaan siirtoyhteyksien kapasiteetti ja tehokkuus. Tietoliikenneyhteyksien välityskyvyllä on tietyt fyysiset kapasiteettimaksimit, joita on järjestelmän tehokasta käyttöä optimoitaessa syytä tavoitella, mutta samalla on otettava huomioon myös yhteyksien käytettävyys kaikissa verkon kuormitustilanteissa.

Jotta puhelinverkossa käytettävien YKM-yhteyksien välityskykyä pystytään arvioimaan, on pyrittävä selvittämään liikennemäärät, jotka kulkevat näiden yhteyksien kautta, sekä mitkä tekijät ovat osaltaan vaikuttamassa puhelinliikenteeseen.

5.1 Kiiretunti

Puhelinliikenteen kuorma vaihtelee vuorokauden aikojen suhteen runsaastikin. Tavanomainen työpäivä alkaa kello 8 aamulla ja jatkuu iltapäivään kello 16:een asti. Nämä samanaikaiset työajat aiheuttavat ruuhkahuippuja. Puhelinliikenne jakautuu epätasaisesti sekä vuorokauden että eri viikonpäivien suhteen [E492]. Vuorokauden aikana on kuitenkin mahdollista havaita tiettyjä puhelinliikennepiikkejä, kuten aamupäivällä ennen lounasaikaa sekä iltapäivällä ennen töiden loppumisaikaa. Tämän lisäksi yksityinen puhelinliikenne lisääntyy iltaisin, koska ihmisten soittavat toisilleen halvemman soittoaajan alettua. Työtehtävien kansainvälistyminen ja ulkomaille eri aikavyöhykkeille suuntautuva puhelinliikenne tuovat mukanaan lisää ennalta-arvaamattomia vaikutuksia välitettävään puhelinliikenteeseen.

Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu vuorokauden aikaisen liikenteen vaihtelua puhelinverkossa:

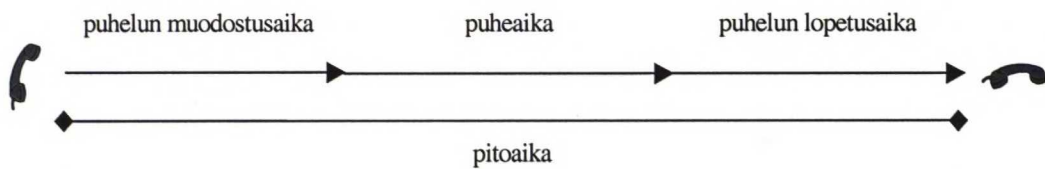


Kuva 20: Puhelinliikenteen vaihtelu vuorokauden eri aikoina [Aston99]

Kuvassa on todettavissa vuorokauden aikana mitatun puhelinliikenteen puhelumäärille päivittäinen huippuarvo (Daily Peak Period, DPP) kello 10:n jälkeen [E500]. Tämä tunnin jakso, jolloin puhelinliikenteessä on mitattavissa korkein liikennemäärä, on määritetty [E492] TCBH-jaksoksi (time consistent busy hour, TCBH) tai tavanomaisemmin kiiretunniksi (busy hour, BH). PSTN-verkon kohdalla kiiretunnin määrittämisessä käytettävä tunnin jakso [E492] voidaan muodostaa myös useammasta lyhyemmästä jaksosta, esimerkiksi neljästä 15 minuutin jaksosta, joiden aikana välitettävää liikennemäärää käytetään liikennemäärän pohjana. Kiiretunnin määrittämiseen vaikuttaa huomattavasti kokonaisajanjakso, jonka aikana toteutuneesta liikenteestä kiiretuntia määritetään. Tässä yhteydessä on huomioitava eri päivien ja viikkojen väliset vaihtelut liikennemäärissä [Ericsson97], joten kiiretunniksi valittu suurin liikennemäärä on hyvä määritellä pitemmän jakson kuin esimerkiksi yhden päivän tai viikon ajalta [E492].

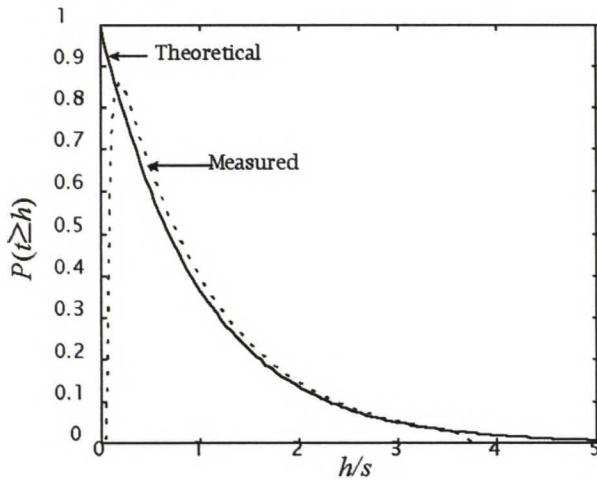
5.1.1 Pitoaika

Vaikka puheluiden kesto vaikuttaa puhelinjärjestelmän välittämiin merkinantomääriin on kuitenkin olennaista tarkastella itse puheluiden muodostuksen ja lopettamisen yhteydessä tarvittavaa merkinantokapasiteettia, sillä näiden toiminteiden vaikutus koko puheluun on merkittävämpi kuin puhelun kytkeytymisen jälkeinen kuormitus. Puheyhteyden kytkeytymisen jälkeen kyseessä on pääosin enää puheensiirtoa, jonka vaatima prosessointi suoritetaan laitteistotasolla tiettyjä, esimerkiksi puhelun laskutukseen liittyviä, poikkeuksia lukuun ottamatta. Seuraavassa kuvassa on esitetty puhelun eri vaiheita itse puhelun aloittamisesta puheyhteyden muodostumiseen sekä lopulta puhelun lopettamiseen.



Kuva 21: *Puhelun pitoajan muodostuminen*

Puheluun käytettyä kokonaisaika nimitetään *pitoajaksi* (holding time). Puhelinjärjestelmässä pitoaika [Ericsson97] lasketaan keskimääräisenä kutakin puhelua kohti.



Kuva 22: Esimerkki puhelun pitoajan teoreettisesta ja mitatusta kestosta [Aston99]

Puheluiden pitoaika vaikuttaa puhekanavien varattuna olemiseen. Tällä on vaikutusta myös puhekanavia ohjaaviin merkinantokanaviin. Vaikka puhekanavat ovat varattuina, kuormittuu merkinantokanava kuitenkin uusista puhekanavien varauspyynnöistä, joihin merkinannon on kyettävä vastaamaan.

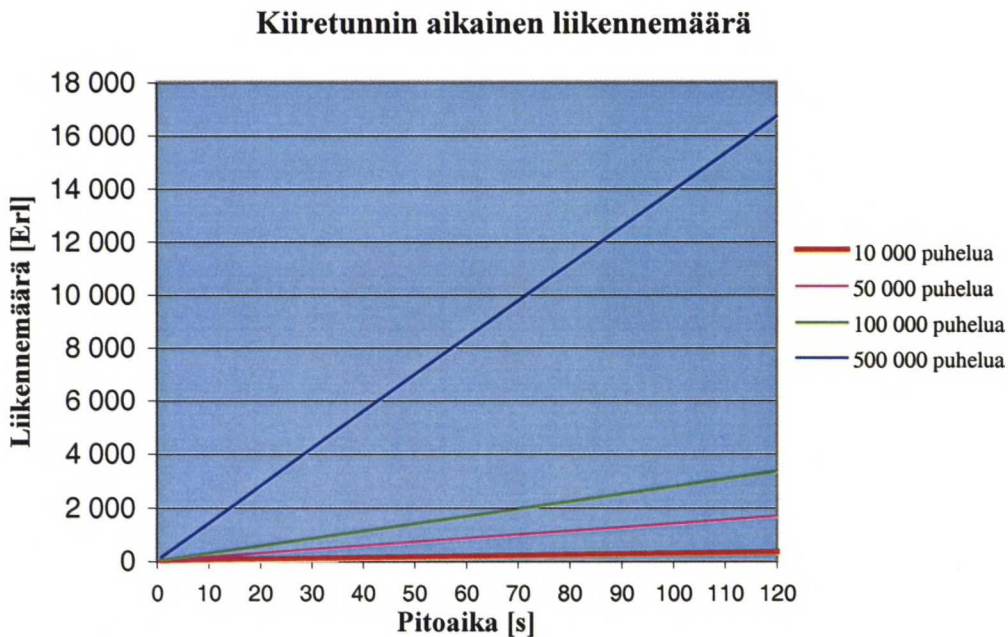
5.1.2 Kiiretunnin aikaiset puhelut

Kiiretunti ei kuitenkaan kerro puhelinliikenteen välityskyvystä muuta kuin puhelinliikenteen huippukuorman määrän tietyn tunnin jakson aikana. Kiiretuntia käytetään apuna eri puhelinjärjestelmien liikenteen välityskykyä sekä muuta suorituskkyä määriteltäessä. Koska kiiretunnin aikana puhelinverkossa pystytään todentamaan puheluyritysten huippukuorma, tätä on hyvä käyttää lähtökohtana. Kiiretunnin avulla on mahdollista määrittää edelleen puhelinliikennettä havainnollistava yksikkö, jota kutsutaan nimellä *kiiretunnin aikana tapahtuneet puhelut* (busy hour call attempts, BHCA). Tämän avulla pystytään vertailemaan eri järjestelmien välittämiä puhelumääriä, vaikkakin järjestelmän suorituskvyn maksimoiminen riippuu suuressa määrin puhelinverkon konfiguroinnista, eikä puhelinjärjestelmää välttämättä käytetä sen suorituskvyn mukaisesti.

Liikennemäärä kiiretunnin [Ericsson97] aikana pystytään toteamaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Liikennemäärä [Erl]} = \text{Kiiretunnin aikaiset puhelut} * \frac{\text{Pitoaika [s]}}{3600}$$

Kaavassa huomioitavaa on puheluiden pitoajan vaikutus liikennemäärään. Tästä voidaan todeta, että verkon käyttäjien puhelintottumukset vaikuttavat verkossa laskettaviin liikennemääriin.



Kuva 23: Eri pitoaikoja sisältäville puhelumäärille laskettavissa olevat kiiretunnin aikaiset liikennemäärät [Erl]

Edellisessä kuvassa on esitetty kiiretunnin aikana laskettavissa olevia liikennemääriä erilaisilla puhelumäärillä ja puheluiden pitoajoilla. Tässä tapauksessa pitoajalla on tarkoitettu käyttäjien keskimääräistä pitoaikaa, joka käyttäjien tottumuksista riippuen voi kuitenkin vaihdella huomattavasti.

5.2 Merkinantokuormitus

Puhelinverkon liikennetiheys tarkoittaa keskimääräistä välitettyjen puheluiden lukumäärää [Teleng99]. Nimitys liikenne mielletään usein myös liikennetiheyden synonyymiksi [Teleng99]. Yksiköksi liikennetiheydelle on määritelty *Erlang* (*Erl*) tanskalaisen matemaatikon Agner Krarup Erlangin (1878-1929) mukaan [Ericsson97]. Tällä samalla yksiköllä voidaan ilmoittaa myös yhteiskanavamerkinantojärjestelmän suositusten mukaisesti merkinantokanavien kuormitusta. *Erlang* ilmaisee varattujen laitteiden lukumäärän keskimääräisesti tarkastelujakson aikana, eli tässä tapauksessa puhutaan tarkastelujakson aikana käytössä olevista kanavista.

Puhelinverkon liikennekuormia käsiteltäessä on yleinen lähtökohta käyttää *Erlangin B*- ja *Erlangin C*- kaavojen avulla laskettuja esto- ja odotustodennäköisyyksiä. Tässä yhteydessä emme ole kuitenkaan kiinnostuneita puhelinverkossa välitettävien puheluiden määrästä vaan enemmänkin puheluiden vaatiman merkinannon aiheuttamasta kuormituksesta.

Kansallisen yhteiskanavamerkinantojärjestelmän mukaan merkinantokanavan kuormituksella tarkoitetaan kanavan keskimääräistä kuormitusta mittausjakson aikana [Rap129/92]. Mittausjakson pituus on kuitenkin vapaasti määriteltävissä. Merkinantokanavan kohdalla kuormituksen teoreettinen maksimiarvo lähentelee yhtä Erlangia, mutta merkinantosanomissa vakiona olevat otsikkotiedot vievät kanavan siirtokyvyltä kapasiteettia samoin kuin merkinantosanomien välissä sanomia erottavat kehysmerkit. Merkinantokanavaa ohjaavan järjestelmän prosessorikapasiteetille on annettu vaatimus [Posti88MTP], että prosessointikapasiteetti kykenee käsittelemään yhdellä merkinantokanavalla välitetyn 0,6 Erlangin MSU-sanomien aiheuttaman kuormituksen, kun sanomien keskimääräinen pituus on 112 bittiä. Tämä välityskapasiteetti on huomioitava merkinantokanavia ohjaavien prosessoreiden kapasiteettimitoituksissa [Posti88MTP].

Standardien yhteydessä [Posti88MTP] on rajoitettu piirikytkentäisten yhteyksien ohjauksessa tarvittavaa merkinantoliikennettä siten, että yhdellä merkinantokanavalla

ohjattavien puhejohtojen määrä saa olla enintään 1 000. Tällä puhejohtomäärällä voidaan välittää yhteensä 31 000 puhekanavaa.

Yllä mainitun mukaisesti voidaan 30 puhekanavalle laskea normaalissa liikennetilanteessa sallittu merkinantokanavan keskimääräinen kokonaiskuormitus [Posti88MTP].

$$30 * 0,2mErl = 6,0mErl = 0,006Erl$$

Diplomityössä toteutetulta 61-puhekanavan järjestelmältä edellytetään seuraavassa esitettyä prosessorikapasiteetin vähimmäiskuormitettavuutta:

$$61 * 0,2mErl = 12,2mErl = 0,0122Erl$$

Merkinantoverkko tulee suunnitella siten [Posti88MTP], ettei yksittäisessä merkinantokanavassa siirrettyjen MSU-sanomien aiheuttama kuormitus ylitä normaalissa sanomaliikenteessä 0,2 Erlangia merkinantokanavaa kohti. Edellä vaadittu 0,6 Erlangin välityskyky on määritetty vain kapasiteettimarginaalina kuormitushuippujen ja vikatapauksien varalle.

5.2.1 Merkinantokanavan kuormitusaste

Kansallisen yhteiskanavamerkintäjärjestelmän sanomansiirto-osan suositusten mukaan merkinantoliikenteen aiheuttama *merkinantokanavan kuormitusaste* L [RAP129/92] ilmaistaan SIF- ja SIO-kenttien keskimääräisenä bittinopeutena suhteessa SIF- ja SIO-kenttien maksimibittinopeuteen mittausjakson keskimääräisellä sanomapituudella MTP-merkinannon standardeissa [Posti88MTP] määriteltyjen YKM-tasojen 1 ja 2 välillä.

$$L = \frac{M * (H + F + \overline{SIO} + \overline{SIF})}{K}$$

Yllämainitussa kaavassa L tarkoittaa laskettavaa merkinantokanavan kuormitusastetta. Osoittajan puolella M [1/s] ilmaisee kanavalla välitettyjen tietosanomayksiköiden (MSU) taajuutta, H ilmaisee sanoman otsikkotietojen, F kehysmerkin pituutta bitteinä ja

SIF ja *SIO* sanomissa siirrettyjen kenttien keskimääräisiä pituuksia bitteinä. Nimittäjän puolella K [bit/s] tarkoittaa maksimaalista kanavan bittinopeutta. Yhden kanavan siirtonopeus on PCM30-järjestelmässä 64 kBit/s. Tämän yhteydessä on syytä huomioida kanavan kuormitusasteen olevan pienempi tai maksimissaan yhtäsuuri kuin 1.

5.2.2 Merkinantoliikenteen intensiteetti

Merkinantoliikenteen intensiteetti A [RAP129/92] voidaan määritellä *SIF*- ja *SIO*-kenttien yhteenlasketun bittinopeuden ja *SIF*- ja *SIO*-kenttien maksimibittinopeuden suhteena mittausjakson keskimääräisellä sanomapituudella MTP-merkinannon standardeissa [Posti88MTP] määriteltujen YKM-tasojen 2 ja 3 välillä.

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{M_i * (H + F + \overline{SIO}_i + \overline{SIF}_i)}{K}$$

Yllämainitussa kaavassa A tarkoittaa laskettavaa merkinantoliikenteen intensiteettiä. Merkinantokanavien kokonaismäärä on n . Osoittajan puolella M_i [1/s] ilmaisee kanavalla i välitettyjen tietosanomayksiköiden (MSU) taajuutta, H ilmaisee sanoman otsikkotietojen, F kehysmerkin pituutta bitteinä ja *SIF* ja *SIO* sanomissa siirrettyjen kenttien keskimääräisiä pituuksia bitteinä. Nimittäjän puolella K [bit/s] ilmoittaa yhden kanavan maksimaalista bittinopeutta.

5.3 Palvelun laatu

Teleoperaattorin kannalta puhelinverkkoon tehtäviä investointeja joudutaan käsittelemään myös kustannustaloudellisesti. Tällöin joudutaan kiinnittämään huomiota puhelinverkon välityskapasiteetin riittävyyteen ja tämän kapasiteetin edellyttämään puhelinverkon hardware-komponenttien määrään, mutta välttämään samalla liiallisia investointeja, jotta verkon rakennus- ja ylläpitokustannukset ei nouse liian korkeiksi. Puhelinverkon toimivuudesta voi yksittäinen puhelintilaaja itse arvioida puhelinverkon laatua; jos yksityishenkilö ei sattumalta pystykään muodostamaan puheyhteyttä haluamaansa puhelinnumeroon, hän huomaa heti puutteen puhelinpalvelussa. Tässä yhteydessä on

myös arvioitava, millä tasolla *palvelun laatu* (Grade of Service, GoS) saa vaihdella, jotta palvelu olisi ylipäättään hyväksyttävissä.

Puhelinverkon toimivuus on varmistettu monilla tavoin, jotta esimerkiksi hätätapauksissa olisi mahdollista luottaa puhelimen toimivuuteen. Hätäpuheluiden muodostamisessa ei saisi olla ongelmia. Puhelinverkon ylläpitäjän on arvioitava tarkemmin tavallisten puheluiden ja muiden puhelinverkon palveluiden laatutaso, jolloin palveluiden käyttäjät vielä hyväksyvät puutteita verkon toiminnassa eli pitävät verkon laatua vielä hyväksyttävänä. Laatutason heiketessä liikaa käyttäjät vähentävät kyseisten palveluiden käyttämistä.

Televerkon palveluissa ilmenee satunnaisesti häiriöitä puhelinverkon laitteiden epäkunnon takia. Osa häiriöistä voi aiheutua lisäksi puhelinverkon ylläpitotoimenpiteistä, jolloin ylläpito-operaattori on verkon päivitystoimenpiteiden takia tietoisesti estänyt joidenkin telepalveluiden käytön. Tämä voi tapahtua esimerkiksi verkon laitteistoyksiköiden päivitystysten yhteydessä. Myös käyttäjien oma käytös aiheuttaa satunnaisia häiriöitä puhelinverkon palveluiden toimivuuteen.

Järjestelmän estotilanteissa (loss system) puhelinjärjestelmän tarjoamien palvelujen käyttö estynyt on puhelinjärjestelmän kapasiteetin riittämättömyyden takia [Ericsson97]. Kiiretunnin aikana toteutuvan liikennemäärän mukaan verkon ylläpitäjä on määrittänyt puhelinjärjestelmän välityskyvylle tietyn rajan, jolla puhelinjärjestelmä pystyy käyttäjien haluamiin palvelupyyn teisiin vastaamaan. Asetetun rajan mukaan jää osa palvelupyyn teistä kapasiteetin riittämättömyyden takia myös toteutumatta. Normaalien puhelinjärjestelmän liikennekuormien yhteydessä tämä ongelma ei tule vastaan, mutta kiiretunnin aikaisten palvelupyyntöjen kohdalla se on jo todennettavissa. Kapasiteetin riittämättömyystilanteisiin verkon ylläpitäjä voi kuitenkin vaikuttaa merkittävästi varmistamalla riittävät puheluiden reititysmahdollisuudet eri verkon kytkentäpisteistä toisiin sekä investoimalla riittävästi puhelinjärjestelmän kapasiteettiin. Tässä tulee kuitenkin eteen tietynasteinen kompromissi puhelinjärjestelmän käyttäjien ja ylläpitäjien välillä, sillä järjestelmän ylläpitäjät eivät turhaan halua investoida ylimääräiseen kapasiteettiin järjestelmässä, kun taas käyttäjät hyväksyvät jossakin määrin

epäonnistuneet palvelupyynnot. Esimerkkinä voi olla yhden prosentin epäonnistumistodennäköisyys kiiretunnin aikaisissa puheluyrityksissä [Ericsson97].

Palvelun laatu ilmenee myös *järjestelmän viiveenä* (delay system) [Ericsson97]. Tässä tapauksessa puhelun muodostus tapahtuu sanomaliikenteessä ilman virheitä, mutta järjestelmän viiveen takia puheyhteyden muodostuminen tapahtuu hitaasti. Käyttäjän kannalta on huomioitava hyväksyttävissä oleva odotusaika, ennen kuin käyttäjä katkaisee itse puhelun ja yrittää uudelleen. Satunnaisten ylipitkien viiveiden takia puhelinjärjestelmään on niin sanottujen ajastimien (timer) avulla määritelty hyväksyttävissä olevat maksimiarvot, ennen kuin puhelinjärjestelmä itse aloittaa puhelunmuodostuksen purkamisen.

Palvelun laadun kannalta vähemmän ennakoitavissa on *viallisten laitteiden ja käyttäjien käyttäytymisen vaikutus* (impact of faulty equipment and subscriber behaviour) [Ericsson97]. Vialliset laitteet näkyvät teknisinä vikoina puhelinverkon kytkentälaitteissa. Laittevat ilmenevät yleensä yllättäen, eikä verkon ylläpitäjä voi ennakoida näitä muuten kuin käyttämällä puhelinverkossa sopivia varmennustoimenpiteitä, kuten puheluiden varareititysyhteyksiä ja pitämällä laitteistoyksiköiden varalaitteita jatkuvasti käyttövalmiina. Toisena laatua laskevista tekijöistä voi mainita käyttäjien puhelinkäytöksellään aiheuttamat häiriöt, kuten väärän puhelinnumeron valinta ja puhelinpalvelujen kytkeytymättömyystilanteet, kun B-tilaaja ei vastaa tai on varattu [Ericsson97]. Puhelinjärjestelmän kapasiteetissa voi tällöin ilmetä ylläpitäjän kannalta vaikeasti ennakoitavia rajoituksia, kun A-tilaaja yrittää epäonnistumisiensa jälkeen soittaa uudelleen ja kuormittaa näin laiteyksikköjä [Ericsson97].

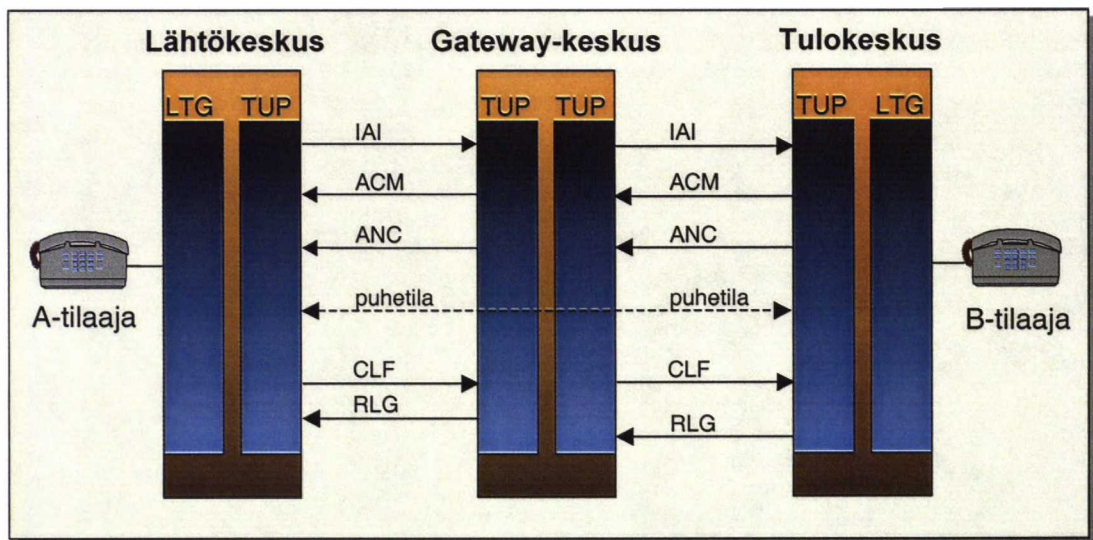
5.4 Kiinteän verkon puhelinliikenne

Puhelinverkon rakenteesta ja olemassa olevista merkinantoprotokollista johtuen saatetaan joissakin verkon rajapinnoissa joutua käyttämään rinnakkain useampaakin eri käyttäjäosaa. Tämä aiheuttaa ongelmia puhelinkeskuksen rajapinnoissa toimiville, merkinantosanomien prosessoiville laiteyksiköille. Merkinantojen standardoinnin

ansiosta on voitu huomioida myös vanhempien käyttäjäosien olemassaolo uudempien käyttäjäosamerkinantojen kohdalla, mutta merkinantojen peruserojen vuoksi merkinantokanavassa siirrettävien eri protokollien merkinantoliikenteet eroavat toisistaan yksistään jo siirrettävissä parametreissa, jonka vuoksi myös merkinantosanomilla välitettävät sanomamäärät vaihtelevat. PCM-kanavan välityskyvyllä on siirrettävien bittimäärien puolesta fyysiset välitysrajat, jotka tämän diplomityön yhteydessä myös todettiin laskettaessa ISUP- ja TUP-sanomilla siirrettäviä bittimääriä. Siirtokanavaa ohjaavat laiteyksiköt joutuvat käsittelemään datamääriltään eripituisia merkinantosanomiamia ja tällöin välitettävänä olevien molempien ISUP- ja TUP-käyttäjäosien merkinantosanomien kuormittavat erilailla itse siirtotietä sekä siirtotien ohjausyksiköitä, kuten LTG:n GP:tä. Itse puhekanavien signaloinnin kuormittavuuden kannalta ei käytettävien merkinantojen välillä ole eroa, mutta puheyhteyksiä kytkettäessä tarvitaan käytössä olevien käyttäjäosien mukaan määriteltäviä merkinantosanomiamia. Merkinantosanomien sisältämien erilaisten bittimäärien sekä sanomilla välitettävien eri toimintojen myötä vaihtelee siirtoyhteyden välityskyky käytetystä merkinantosignaloinnista riippuen.

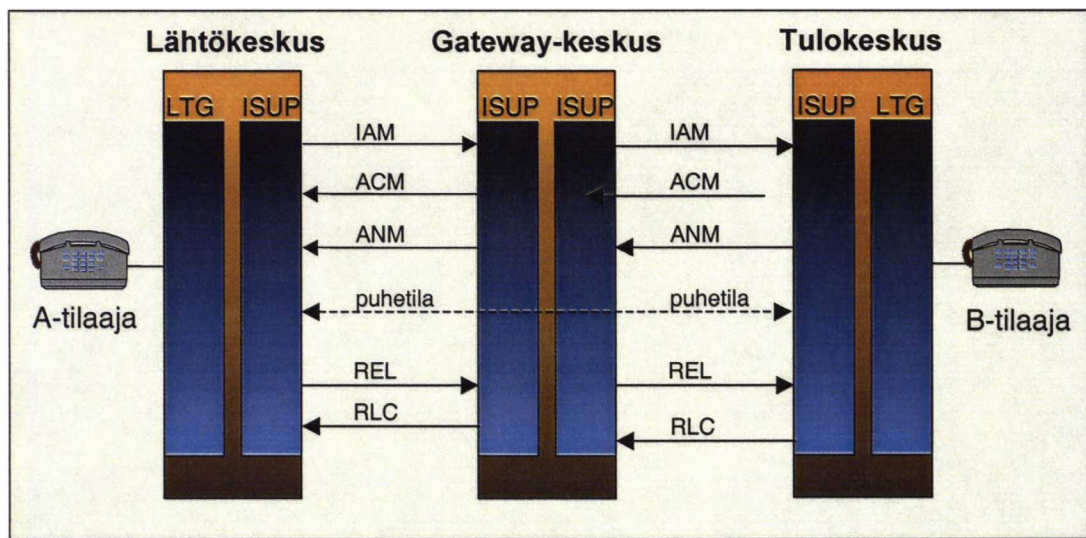
5.4.1 Peruspuhelut

Eri merkinantosignaloinneilla toteutettujen telepalvelujen testauksessa on pyritty samankaltaisiin puhelumalleihin ja käyttämään toisiinsa verrattavissa olevaa sanomavuota (*call flow*). Tämä on edellyttänyt testauksessa käytetyiltä puhelinpalveluilta tiettyjä rajoituksia, eli testauksessa on keskitytty tavanomaisiin puheluiden reitityspalveluihin, josta esimerkkinä on kiinteän puhelinverkon peruspuheluiden reitittäminen kauttakulkukeskuksien kautta eteenpäin. Tällaisia puheluita nimitetään *kauttakulkupuheluiksi (transit call)*. Tämän yksinkertaisemman liikennemallin ansiosta on mahdollista verrata peruseroja eri merkinantosignalointien välillä puuttumatta sen enempää monimutkaisempien puhelinpalveluiden vaatimien merkinantosanomien vaikutuksiin eri järjestelmäyksiköissä. Lähtö-, kauttakulku- ja tulokeskuksien välillä käytetty TUP-merkinannon sanomavuo on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 24: Kauttakulkupuhelun muodostus- ja purkusanomat TUP-merkinannolla, kun A-tilaaja purkaa puhelun (Transit call with forward release) [DI742/98]

ISUP-merkinannolla toteutetun peruspuhelun merkinantosanomavirta on rinnastettavissa TUP-merkinannolla tehtyyn peruspuheluun merkinantosanomien nimiä ja tietysti sanomien sisältöä lukuun ottamatta. Signaalintyhteyden konfigurointi vaikuttaa peruspuheluissa vaadittuihin ylimääräisiin lisäsanomiin. Tämä pätee molemmilla merkinannoilla, vaikkakin tarve lisäsanomille on ISUP-merkinantoa käytettäessä vähäisempi.



Kuva 25: Kauttakulkupuhelun muodostus- ja purkusanomien ISUP-merkinannolla, kun A-tilaaja purkaa puhelun (Transit call with forward release) [Posti90ISUP, DI742/98]

Kuvassa 25 on esitetty kauttakulkupuhelussa vaaditut ISUP-merkinantosanomien lähtö-, kauttakulku- ja tulokeskusten välillä.

5.4.2 Peruspuheluiden siirtomäärät

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tietomääriltään suurimpien puhelun aloituksessa käytettyjen merkinantosanomien kaikki merkinantokentät parametrinimimineen. Liitteissä 1, 2 ja 3 on käsitelty TUP-merkinannolla käytettäviä sanomia tarkemmin ja liitteissä 4, 5 ja 6 on esitetty ISUP-merkinannolla käytettäviä sanomia.

Seuraavassa taulukossa on esitetty TUP-merkinantoa käyttävän puhelun IAI-aloitussanoma (*Initial address with additional information*). Sanomakentässä *Called address signals* välitetään puhelun vastaanottajan numero eli B-numero. Soittavan tilaajan numero eli A-numero on *CLI address signals* -kentässä. Sanoman kuormavaikutusten kannalta olennaista on huomioida SIO- ja SIF-kenttien bittimäärät. Nämä on ilmaistu yhdistettynä *Length Indicator*-kentässä.

Kerros	TUP Message	Type	: IAI Init. Adr. msg. w. add. Inf.
2	BSN	0 -001111	Backward Sequence Number : 31
	BIB	1-----	Backward Indicator Bit : 1
	FSN	1 -001110	Forward Sequence Number : 29
	FIB	1-----	Forward Indicator Bit : 1
	LI	2 --0101	Length Indicator : 20
	Spare	00-----	Spare :
3 SIO	SIO	3 ---0100	Service Indicator : Telephone User Part
		--00----	Sub-Service: Priority : Spare/priority 0 (U.S.A. only)
		10-----	Sub-Service: Network Ind : National message
≥3 SIF	DPC	4 *****	Destination Point Code : 16283
	OPC	*****	Originating Point Code : 12970
	CIC	*****	Circuit Ident Code : 21
≥3	H0	9 ---0001	Heading code 0 : 0x1
	H1	0010----	Heading code 1 : 0x2
		10 --0000	Calling Party Category : Unknown source
		00-----	Spare :
		11 -----0	Nature of address indic : Subscriber number
		-----00	Nature of circuit indic : No satellite circuit
		-----00	Cont. check ind./Spare : Cont. check not requ./Spare
		-----0	Echo-suppressor indicator : No outgoing half echo suppr
		0-----0	Incoming intern call ind : Call other than intern incom
		-----0	Redir. call ind./Spare : Not a redir. call/Spare
		-----0	All-digital-path-req ind : Ordinary call
		-----1	Signalling path indicator : All signal system No.7 path
		-----0	Spare :
		1000----	Number of address signals : 8
		13 *****	Called address signals : 81100044

		17 -----0	Net/user facilit info ind : Net cap, facility info not inc
		-----0	Closed user grp info ind : Closed user grp info not incl
		-----0	Addit call party info ind : Addit call party info not incl
		-----0	Addit routing info ind : Addit routing info not incl
		---1----	Calling line identity ind : Calling line identity included
		--0-----	Original called addr ind : Orig called address not incl
		-0-----	Charging info indicator : Charging info not included
		0-----	Second octet :
		18 -----10	CLI nature of address ind : National significant number
		-----1	CLI presentation indic : CLI presentation restricted
		-----0	Incomplete CLI indicator : No indication
		1000----	CLI number of address sig : 8
		19 *****	CLI address signals : 12345678
		20 *****	
		21 *****	
		22 *****	

Taulukko 5: TUP-sanoma Initial address with additional information (IAI)

ISUP-merkinannolla vastaava puhelun aloitussanoma on *IAI (Initial address)*. Sanomakentässä *Called address signals* välitetään puhelun B-numero. Soittajan A-numero on *Calling address signals* -kentässä. ISUP-merkinannon IAI-sanomasta on löydettävissä vastaavanlaisia kenttiä kuin TUP-merkinannon IAI-sanomasta. Sanomassa siirrettäviin bittimääriin vaikuttavat SIO- ja SIF-kenttien pituudet, jotka on ilmaistu *Length Indicator*-kentässä.

Puheyhteyden kytkeytymisen edellyttämiin sanomamääriin voidaan vaikuttaa merkinantoyhteyden asetuksilla. TUP-merkinannolla on yleistä välittää B-tilaajan puhelinnumero *aloitusosoitesanomalla* (Initial address message with additional information, IAI) jälkeen lähetettävillä ylimääräisillä *jatko-osoitesanomilla* (Subsequent address message with one signal, SAO) numero kerrallaan, vaikkakin B-numero voidaan välittää myös kokonaisuudessaan yhdellä IAI-sanomalla. ISUP-merkinannon

kohdalla osoitemerkit lähetetään tavallisesti [Posti90ISUP] yhdellä kertaa yhteyden aloitusosoitesanomassa (IAM). B-tilaajanumeron täydentäminen on ISUP-merkinannolla mahdollista myös jälkikäteen, jolloin IAM-sanomien jälkeen lähetetään täydentäviä *jatko-osoitesanomia* (Subsequent address, SAM). Käytetyssä testausjärjestelyssä on B-numerot välitetty kokonaisuudessaan jo aloitusosoitesanomissa, jolloin täydennyssanomien tarve on voitu minimoida.

Kerros	ISDN Message Type	: IAM Initial Address
2	BSN 0 -0010001	Backward Sequence Number : 17
	BIB 0-----	Backward Indicator Bit : 0
	FSN 1 -0010010	Forward Sequence Number : 18
	FIB 1-----	Forward Indicator Bit : 1
	LI 2 --100010	Length Indicator : 31
	Spare 00-----	Spare :
3 SIO	SIO 3 ----0101	Service Indicator : ISDN User Part
	--00----	Sub-Service: Priority : Spare/priority 0 (U.S.A. only)
	11-----	Sub-Service: Network Ind : National use
23 SIF	DPC 4 *****	Destination Point Code : 16283
	OPC *****	Originating Point Code : 12970
	SLS *****	Signalling Link Selection : 0
23	CIC 8 *****	Circuit Ident Code : 1
	9 ----****	
23	Spare 0000----	Spare :
23	Msg Type 10 00000001	Message Type : 0x1
23	ISDN User Part: Mandatory/ISDN User Part: Mandatory fixed part	11 ----00 Satellite Indicator : No satellite circuit
		----00-- Continuity Chk Indicator : Cont Check not required
		--0---- Echo Control Device Ind : O/G half echo ctrl not incl
		000---- Spare :
		12 ----00 Nat./Internat. Indicator : Treat as a national call
		----00-- End-to-End Method Ind : No end-to-end method available
		--0---- Interworking Indicator : No interworking encountered
		---0--- End/End Information Ind : No end-to-end info available
		--1---- ISDN User Part Indicator : ISDN-UP used all the way
		01----- ISDN-UP Preference Ind : ISDN-UP not reqd all the way
		-----1 ISDN Access Indicator : Originating access ISDN
		-----00- SCCP Method Indicator : No indication
		00000--- Spare :
		14 00001010 Calling Party's Category : Ordinary calling subscriber
		15 00000000 Transmission Medium Regt : Speech
23	ISDN User Part: Optional part/ISDN User Part: variable part	16 00000010 Pointer to parameter : Called party number
		17 00001010 Pointer to optional part : 10
		18 00001000 Parameter Length : 6
		19 -0000011 Nature of Address : National number
		0----- Odd/Even Indicator : Even number of address signals
		20 ----0000 Spare :
		-001---- Numbering Plan Indicator : ISDN Nr.plan (E.164)
		0----- Internal Network No. Ind : Routing to INN allowed
		21 ***** Called Address Signals : 81100044
		22 *****
23	ISDN User Part: Optional part/ISDN User Part: variable part	23 *****
		24 *****
		25 00001010 Parameter Name : Calling Party Number
		26 00000111 Parameter Length : 6
		27 -0000000 Nature of Address : Spare
		0----- Odd/Even Indicator : Even number of address signals
		28 ----00-- Screening Indicator : User provided
		----00-- Presentation Restr. Ind : Presentation allowed
		-001---- Numbering Plan Indicator : ISDN Nr.plan (E.164)
		0----- Callg No. Incomplete Ind : Complete
23	ISDN User Part: Optional part/ISDN User Part: variable part	29 ***** Calling Address Signals : 12345678
		30 *****
		31 *****
		32 *****
		33 00000000 Parameter name : End of Optional Params

Taulukko 6: ISUP-sanoma Initial address (IAM)

Kuvissa 24 ja 25 esiintyvien merkinantosanomien bittimääriin on perehdytty tarkemmin seuraavissa taulukoissa. Ensimmäisenä olevassa taulukossa on esitetty kauttakulkupuhelussa käytettyjä, merkinantosanomilla siirrettyjä bittimääriä lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välillä.

Lähtökeskus - Kauttakulkukeskus

TUP- sanoma	CIC	oktettia	F bit	H bit	SIO bit	SIF bit	=	bit	ISUP- sanoma	CIC	oktettia	F bit	H bit	SIO bit	SIF bit	=	bit
IAI	21	> 26	8	40	8	152	=	234	IAM	1	> 37	8	40	8	240	=	296
ACM	21	< 11	8	40	8	56	=	123	ACM	1	< 14	8	40	8	80	=	136
ANC	21	< 10	8	40	8	48	=	114	ANM	1	< 17	8	40	8	104	=	160
puhelu kytketty																	
CLF	21	> 10	8	40	8	48	=	104	REL	1	> 17	8	40	8	96	=	152
RLG	21	< 10	8	40	8	48	=	104	RLC	1	< 12	8	40	8	64	=	120
240 + 392 = 679									$\Delta = 185$								
keskiarvo = 136									240 + 624 = 864								
keskiarvo = 136									keskiarvo = 173								
Puhelun muodostus: 144 + 280 = 471									Puhelun muodostus: 144 + 448 = 592								
Puhelun purku: 96 + 112 = 208									Puhelun purku: 96 + 176 = 272								
Muodostuksen bittimäärä: 20,4 % < ISUP									Muodostuksen bittimäärä: 25,7 % > TUP								
Purun bittimäärä: 23,5 % < ISUP									Purun bittimäärä: 30,8 % > TUP								

Taulukko 7: Puhelun merkinantosanomien bittimäärävertailu lähtö- ja kauttakulku-keskuksen välisissä linkeissä TUP- ja ISUP-merkinantojen välillä

Lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välisessä merkinantokanavassa välitettyjen sanomien kohdalla on todettavissa ISUP-merkinantosanomilla välitetyn kokonaisbittimäärän olevan 27% suurempi kuin TUP-merkinantosanomilla välitetyn bittimäärän, joka on 21% pienempi kuin ISUP:lla. TUP-merkinantolinkissä välitetään merkinantosanomilla koko puhelun aikana yhteensä 679 bittiä, kun taas ISUP-linkissä välitetään 864 bittiä. Kertoimella 1,27 pystytään muuntamaan TUP-merkinannon siirtomääristä vastaavat siirtomäärät ISUP-merkinannolle. Vastaavasti kertoimella 0,79 pystytään muuntamaan ISUP-merkinannon siirtomääristä TUP-merkinannon vastaavat siirtomäärät.

Seuraavassa taulukossa on merkinantosanomien bittimäärien vertailu kauttakulku-keskuksen ja tulokeskuksen välillä.

Kauttakulkukeskus - Tulokeskus

TUP- sanoma	CIC	oktettia	F bit	H bit	SIO bit	SIF bit	=	bit	ISUP- sanoma	CIC	oktettia	F bit	H bit	SIO bit	SIF bit	=	bit
IAI	28	< 27	8	40	8	160	=	243	IAM	8	< 45	8	40	8	352	=	408
ACM	28	> 11	8	40	8	56	=	123	ACM	8	> 14	8	40	8	80	=	136
ANC	28	> 10	8	40	8	48	=	114	ANM	8	> 17	8	40	8	104	=	160
puhelu kytketty																	
CLF	28	< 10	8	40	8	48	=	104	REL	8	< 16	8	40	8	96	=	152
RLG	28	> 10	8	40	8	48	=	104	RLC	8	> 12	8	40	8	64	=	120
240 + 400 = 688									Δ = 288								
keskiarvo = 138									keskiarvo = 195								
Puhelun muodostus: 144 + 288 = 480									Puhelun muodostus: 144 + 560 = 704								
Puhelun purku: 96 + 112 = 208									Puhelun purku: 96 + 176 = 272								
Muodostuksen bittimäärä:			31,8 %			< ISUP			Muodostuksen bittimäärä:			46,7 %			> TUP		
Purun bittimäärä:			23,5 %			< ISUP			Purun bittimäärä:			30,8 %			> TUP		

Taulukko 8: Puhelun merkinantosanomien bittimäärävertailu kauttakulku- ja tulokeskuksen välisissä linkeissä TUP- ja ISUP-merkinantojen välillä

Tässä taulukossa käsiteltävät siirtomäärät käyttäytyvät samanlaisesti kuin aiemmin esiintyvässä taulukossa 7. TUP-merkinannolla välitetty 688 bitin datamäärä on 30% pienempi kuin ISUP-merkinannolla välitetty, ja kertoimella 1,42 pystytään TUP-merkinannosta saamaan ISUP-merkinantoa vastaavat siirtomäärät. Vastaavasti ISUP-merkinannon 976 bitin siirtomäärä on 42% suurempi kuin TUP-merkinannon siirtomäärät, ja kertoimella 0,70 pystytään ISUP-merkinannon bittimääristä saamaan vastaavanlaisen sanomaliikenteen siirtomäärät TUP-merkinannolle.

Ylläolevissa taulukoissa on eritelty merkinantosanomien eri kenttiä. Myöhemmin käsiteltävien *merkinantokanavan kuormitusasteen* ja *intensiteetin* yhteydessä tarvitaan taulukoissa esiintyvien F-, H-, SIO- ja SIF-kenttien bittimääriä. Merkittävin vaikutus sanomien pituuteen on SIF-kentällä, sillä muiden kenttien pituus on määritetty kiinteäksi.

Merkinantoyhteyden asetuksilla voidaan tällöin vaikuttaa puhelun jatkoreitityksen aloittamiseen eli puhelunreititys eteenpäin aloitetaan vasta, kun reitityspiste on saanut

ennaltamäärätyn osan B-tilaajan puhelinnumerosta. Merkinantokanavan asetuksien avulla pystytään vaikuttamaan lähetettävien SAO- ja SAM-sanomien lukumäärään ja näiden täydennyssanomien käyttö pystytään karsimaan minimiin, jos ensimmäisessä puhelun aloitussanomassa välitetään jo kaikki puhelun jatkoreitityksessä tarvittava tieto. SAO- ja SAM-sanomat vievät kanavan merkinantokapasiteettia. Yllä olevissa esimerkeissä on molempien merkinantolinkkien kohdalla konfiguroitu käytettävät SAO- ja SAM-täydennyssanomien signaalintikanava-asetuksilla kokonaan pois ja B-tilaajanumero välitetään kerralla IAI- ja IAM-sanomien kentissä.

5.4.3 Peruspuheluiden kuormitusaste ja intensiteetti

Seuraavissa taulukoissa on annetuilla BHCA-määrillä ja käytetyillä pitoajoilla laskettu puheluiden liikennemäärät [Erl] sekä merkinantoliikenteen intensiteetit. Ensimmäisessä taulukossa on käsitelty puhelinliikennettä lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välillä.

Lähtökeskus - Kauttakulkukeskus

			TUP			ISUP		
			F+H	SIO+SIF		F+H	SIO+SIF	
MSU-sanoman pituus [bit]:			48	136	keskiarvo	48	173	keskiarvo
			48	234	maksimi	48	296	maksimi
BHCA	Pitoaika [s]	Liikenne määrä [Erl]	Merkinantoliikenteen intensiteetti		Merkinantoliikenteen intensiteetti			
			keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi		
10 000	0,34	0,9	0,04	0,06	0,05	0,07		
10 000	1,34	3,7	0,04	0,06	0,05	0,07		
10 000	15,3	42,5	0,04	0,06	0,05	0,07		
42 000	0,34	4,0	0,17	0,26	0,2014	0,31		
42 000	1,34	15,6	0,17	0,26	0,2014	0,31		
50 000	0,30	4,2	0,1997	0,31	0,24	0,37		
50 000	1,30	18,1	0,1997	0,31	0,24	0,37		
125 000	1,34	46,5	0,50	0,76	0,5995	0,93		
150 000	1,30	54,2	0,5990	0,92	0,72	1,12		

Taulukko 9: Laskennallinen puheluiden liikennemäärä ja merkinantokuorma lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välillä

Taulukossa on merkitty lihavoitettulla standardeissa mainittuja merkinantoliikenteen kuormittavuuden raja-arvoja. Merkinantokanavalla siirrettyjen eri käyttäjäosien yhteenlaskettu liikenne [Posti88MTP] ei saa normaalitilanteessa ylittää 0,2 Erlangia ja

kuormitushuippujen aikana välityskyvyn on oltava vähintään 0,6 Erlangia. Seuraava taulukko käsittelee puhelinliikennettä kauttakulku- ja tulokeskuksen välillä.

Kauttakulkukeskus - Tulokeskus

			TUP		ISUP	
			F+H	SIO+SIF	F+H	SIO+SIF
MSU-sanoman pituus [bit]:			48	138 keskiarvo	48	195 keskiarvo
				243 maksimi		408 maksimi
			Merkinantoliikenteen intensiteetti		Merkinantoliikenteen intensiteetti	
BHCA	Pitoaika [s]	Liikennemäärä [Erl]	keskiarvo	maksimi	keskiarvo	maksimi
10 000	0,15	0,4	0,04	0,06	0,05	0,10
10 000	1,15	3,2	0,04	0,06	0,05	0,10
10 000	15,15	42,1	0,04	0,06	0,05	0,10
38 000	0,15	1,6	0,15	0,24	0,20	0,38
38 000	1,15	12,1	0,15	0,24	0,20	0,38
50 000	0,15	2,1	0,20	0,32	0,26	0,49
50 000	1,15	16,0	0,20	0,32	0,26	0,49
113 000	0,15	4,7	0,46	0,71	0,60	1,12
148 000	0,15	6,2	0,60	0,93	0,78	1,46

Taulukko 10: Laskennallinen puheluiden liikennemäärä ja merkinantokuorma kauttakulku- ja tulokeskuksen välillä

Molemmissa taulukoissa on käytetty aiemmin käsitellyissä luvuissa laskettuja MSU-sanomien pituuksia. Liikennemäärä on laskettu käyttäen BHCA:n käsittelyn yhteydessä luvussa 5.1.2 esiintyvää kaavaa. Merkinantoliikenteen intensiteetti on laskettu sekä TUP- että ISUP-merkinannoilla erikseen käyttäen apuna merkinantokuormitusta käsittelevässä luvussa 5.2 esiintyviä kuormitusasteen ja intensiteetin kaavoja.

5.5 Ylikuormatilanteet

Puhelinverkon laiteyksiköiden suunnittelussa on otettu huomioon järjestelmän toimivuuden varmistaminen. Laitteiden toimintahäiriöitä voi aiheutua yllättävien laitteistovikojen seurauksena sekä myös käyttäjien omien toimintojen aiheuttamina. Käyttäjien aiheuttamiksi kuormaongelmiksi voidaan yhdistää yllättävän suuret liikennemäärät esimerkiksi suurien yleisötapauhtumien yhteydessä, jolloin verkon kapasiteetti ei vastaakaan välitettävän liikennemäärän tarpeita. Toisaalta tätä voidaan

pitää puhelinverkon vääränä suunnitteluna, jolloin tarjotun puhelinliikenteen vaatima välityskapasiteetti on unohdettu verkkoa rakennettaessa. Laiteyksikköjen vikaantuminen täytyy myös huomioida verkkosuunnittelussa, mutta satunnaisten laitevikojen ilmetessä voi joihinkin puhelinjärjestelmän yksikköihin kuitenkin kohdistua niiden välityskyvyn ylittäviä liikennemääriä ja tällöin törmätään jälleen ylikuormatilanteisiin.

5.5.1 Ylikuorman toteaminen

Ylikuormatilanteiden varalle keskusjärjestelmä tarkkailee välittämäänsä puhelinliikennettä ja yrittää ajoissa välttää kuormituksen aiheuttamia prosessointiongelmia. Ylikuorman tarkkailua tehdään sekä CP-yksikössä että kaikissa LTG-yksiköissä.

CP-yksikön (CP Overload) ylikuorma-asteita on 8 ja nämä lasketaan seuraavien mittareiden perusteella [Sie94LTG]:

- Varausnopeus (seizure/sec)
- Sanomanopeus (message/sec)
- Puheluiden prosessointiyksikön käyttöaste

CP:n ylikuorma lasketaan 4 sekunnin intervalleissa ja jos ylikuorma-aste nousee riittävän korkeaksi, lähetetään CP:ltä komento ylikuormavaroituksesta tarvittaville LTG-yksiköille.

LTG-yksikön (LTG Overload) ylikuorma-asteet on jaettu 7 eri tasoon. Välitettävien puhekanavien aiheuttamaa kuormitusta hallitaan kanavien LPRIO-parametreilla ja työn testausosassa mitataan LTG:n välityskykyä eri LPRIO-asetuksilla. LTG:n saavuttamat ylikuorma-asteet lasketaan seuraavanlaisten mittareiden avulla [Sie94LTG]:

- Tehtäväjonojen viiveindikaattori
- Sanomien lähetysjonon (output queue) kuormitusaste

- Erilaisten jonojen ja aikakytkinten käyttö

Jos LTG-yksikön ylikuormataso saavutetaan, päästetään vain riittävän korkealla ylikuormaprioriteetillä varustettu puhelinliikenne LTG:n kautta. Muu puhelinliikenne estetään.

5.5.2 Ylikuormatilanteiden hallinta

Ylikuormituksen aiheuttamat vaikutukset puhelinverkossa voidaan eritellä yksittäisiin yhteyshäiriöihin sekä varsinaisiin ylikuormatilanteisiin. Erona näillä häiriöillä on vaikutusten laajuus. Varsinaiset ylikuormatilanteet aiheuttavat puhelinverkkoon tai ylikuormituksen alaisiin järjestelmäyksiköihin täydellisen liikenne-eston, kun taas yksittäiset häiriöt vain rajoittavat puhelinliikennettä ja saattavat estää muutamien puheluiden onnistumisen.

Yksittäisten kanavien epäkuntotilojen kohdalla puhelinverkko hoitaa omatoimisesti kyseisen kanavan palauttamisen toimintakuntoon. Tämä tapahtuu erilaisilla kanavien ylläpitosanomilla.

Itse järjestelmän laiteyksiköitä koskevissa ylikuormatilanteissa järjestelmä resetoi järjestelmän sisäisillä toiminnoilla kyseiset laiteyksiköt ja yrittää tämän jälkeen palauttaa resetoinnin kokeneet laiteyksiköt jälleen toimintakuntoon.

6 MITTAUKSET

Oikeassa puhelinverkossa toteutuvien liikennemäärien aikaansaaminen testausympäristössä on haastavaa. Käytännön puhelinverkkoon vaikuttavien lukuisien satunnaisten tekijöiden vuoksi toistettavien mittauksien toteuttaminen ei ole mahdollista. Puhelinverkon suorituskykytesteihin on järkevää käyttää simulaattorilaitteistoa, jolla pystytään simuloimaan oikeassa puhelinverkossa käytettäviä puhelumalleja sekä niiden käyttämiä merkinantoja.

6.1 Liikennekuorman mittauslaitteisto

Liikennekuormatestauksessa käytettävältä laitteistolta vaaditaan kykyä toteuttaa riittävä, puhelinverkon yksiköiden suorituskykyrajoja vastaava liikennekuorma. Liikennekuorman aikaansaamiseksi laitteistolta edellytetään yhtäaikaista merkinantosanomien lähetyskykyä. Tämä vaatii laitteistolta sekä lähetettyjen että vastaanotettujen sanomien yhtäaikaista prosessointia; yhdenkin merkinantosanomien väärinkäsittely vaikuttaa toteutuviin sanomamalleihin, eli laitteiston toteuttaman sanomien lähettämisen ja vastaanottokyvyn on pystyttävä vastaamaan puhelinverkon PCM-yhteyksien merkinantokykyyn. Simulaattorin suorituskyvyn on myös ylitettävä testattavana olevien puhelinverkon laiteyksikköjen suorituskyky, jotta laiteyksiköt ylipäättään olisi mahdollista saada toimimaan suorituskykynsä äärirajoilla.

6.2 Testauslaitteiston yleiskuvaus

Testauslaitteistossa liikennesimulaattorilla simuloidaan puhelinliikennettä MSC:n PSTN-rajapinnassa. Testauslaitteistolta edellytetäänkin PSTN-rajapinnassa käytettävien puhelumallien sekä PSTN-rajapinnassa olevien käyttäjäosamerkinantojen hallintaa. Simulaattorilaitteiston edellytetään toimivan ISUP- ja TUP-merkinantojen kanssa.

Puheluiden muodostamisen lisäksi testilaitteiston on kyettävä myös hoitamaan puhekanavien ylläpitoa eri tilanteissa. Tämä edellyttää yhteyksien ylläpitoon tarkoitettuja käyttäjäosariippuvia merkinantosanomiam, kuten puhekanavien resetointi-, blokkaus- ja avaussanomiam sekä myös alemmilla YKM-kerroksilla olevia merkinantokanavan ohjaustoiminnoista vastaavia sanomia.

Testauksessa käytettävä puhelinliikennettä generoiva simulaattori, *MGTS* (Message Generator Traffic Simulator), on tarkoitettu merkinantojen kanssa tekemisissä oleville tutkimus- ja tuotekehitysyksiköille sekä tietoliikennepalveluiden tarjoajille [TekMGTS]. YKM-verkon kuormatestausjärjestelmä on alan johtavalta laitevalmistajalta Tekeleciltä [TekMGTS]. MGTS-simulaattorin graafinen käyttäjäympäristö ja kykenevyys lukuisten merkinantoprotokollien hallintaan vastaa monia merkinantojen testauksen edellyttämiä vaatimuksia. Kyseisellä laitteistolla on mahdollista testata signaalintijärjestelmien eri verkkoelementtejä [TekMGTS]. Tietoliikenneohjelmistojen kohdalla on usein ollut ongelmana kirjavuus simulaattoriympäristöjen suhteen sekä alan nopea kehitys, joka edellyttää tietoliikenteen laitteisto- ja tuotevalmistajilta kykyä reagoida järjestelmien käyttäjien esittämiin laatuvaatimuksiin. Tämän takia myös valmistajien on kiinnitettävä huomiota järjestelmien testaukseen, jolloin järjestelmien testauksessa käytettävien testilaitteistojen on pystyttävä vastaamaan esitettyihin vaatimuksiin.

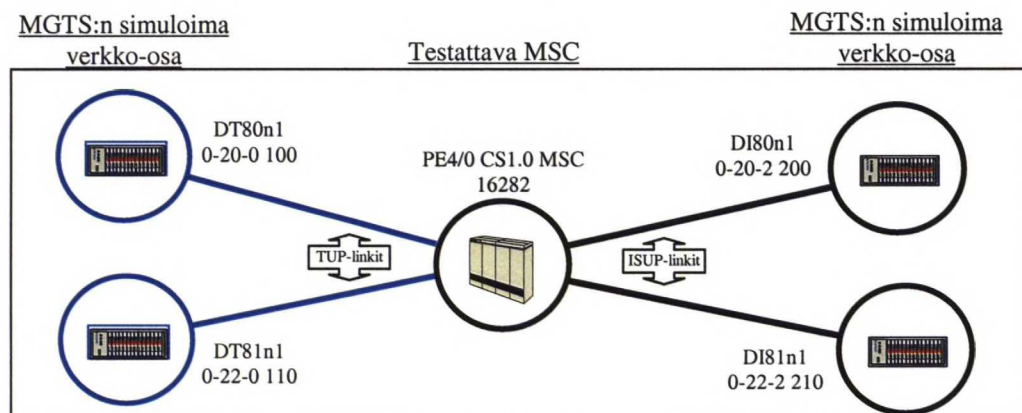
Seuraavassa kuvassa on esitetty MGTS-simulaattorin keskeisimmät HW-osat. Nämä ovat ohjauksessa käytettävä UNIX-pohjainen Sun-työasema ohjelmiseen sekä testauskehikko, johon PCM-yhteydet kytketään.



Kuva 26: Tekelecin MGTS-liikennesimulaattori

Liikennesimulaattori koostuu kahdesta eri laitteesta, unix-käyttöympäristöpohjaisesta työasemasta sekä MGTS-kytkentäkehikosta. Merkinantoyhteyksien ohjaamiseen käytettävä työasema on sarjakaapelin välityksellä kytketty MGTS-kehikkoon, joka toimii kytkentäpintana puhelinverkon ja MGTS-simulaattorijärjestelmän välillä.

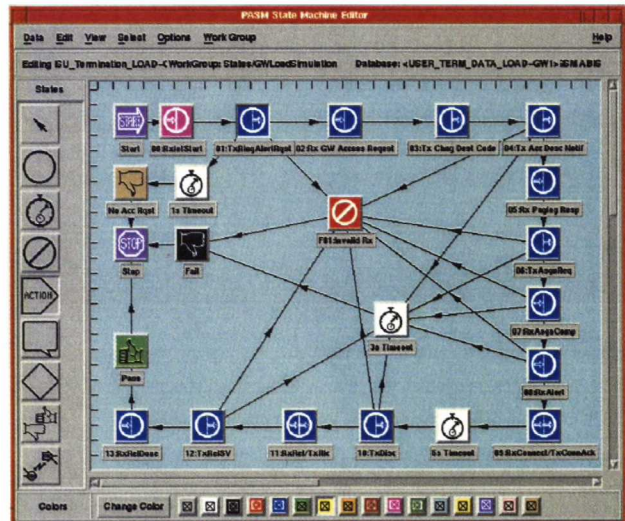
Puhelinliikenteessä käytössä olevat PCM-kaapelit kytketään MGTS-kehikossa sijaitseviin LIC-kortteihin (Link Interface Controller, LIC). Tämän lisäksi MGTS-kehikko vaatii toimiakseen asetuksia ylläpitävän ECM-kortin (Enhanced Communications Manager, ECM) sekä kellotuksesta vastaavan CLK-kortin (Clock PWA). MGTS-kehikon hardwaren rajoituksena on liitântöjen määrä maksimissaan 16 merkinantokanavan sisältävälle PCM-yhteydelle [Tek92HW]. Seuraavassa kuvassa on esitetty testauksessa käytetty verkkosuunnitelma. Tämän toteutuksessa käytetään työaseman Network Editor -ohjelmaa.



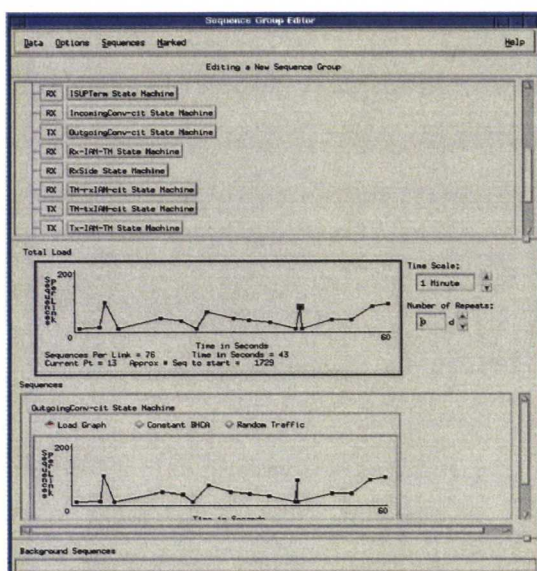
Kuva 27: Hardware-ympäristö: PASM, MGTS, MSC-keskus ja PCM-linkit

Testausympäristössä käytetyt linkit on jaettu TUP- ja ISUP-merkinantojen mukaan; TUP-merkinannon 2 linkkiä on merkitty DT-alkuisiksi ja ISUP-merkinannon toiset 2 linkkiä on merkitty DI-alkuisiksi edelliseen kuvaan.

MGTS-kehikon ohjaamiseen käytetään unix-työasemassa toimivaa GUI-pohjaista PASM-ohjelmaa (Protocol Adaptable State Machine, PASM). PASM-ohjelmassa on havainnollisuuden vuoksi käytetty vuokaaviomalleja sekä verkon rakenteen että myös puheluiden *call flow*-mallien suunnittelussa. Viereisessä kuvassa on esitetty malli PASM-ohjelmalla toteutettavasta puhelun vuokaaviomallien suunnittelueditorista. Vuokaaviomalli käsittää joko A- tai B-tilaajan puolen merkinannon hallinnan; sen edellyttämien sanomien lähettämisen ja vastaanotettavien sanomien vertaamisen.



Kuva 28: Puheluiden *call flow* -mallien suunnittelueditori (PASM State Maschine Editor)

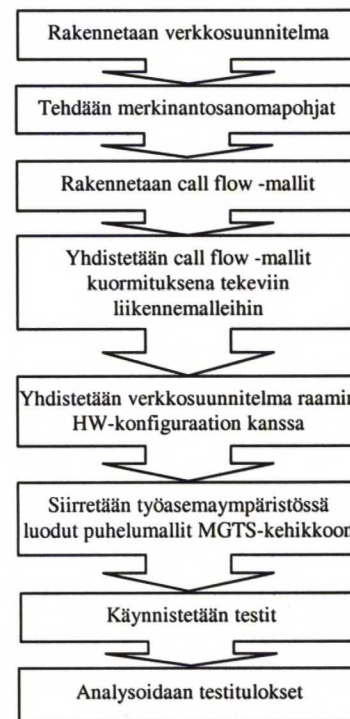


Kuva 29: Kuormituksen hallintaeditori (PASM Sequence Group Editor)

Alla seuraavassa vuokaaviossa on hahmotettu testauksen toteuttamisessa tarvittavia toimenpiteitä. Työaseman avulla suunnitellaan aluksi testausympäristö ja rakennetaan verkkomalli. Testaus-merkinannossa käytettävät sanomat on rakennettava merkinannon edellyttämistä protokollista eri merkinantotasoa kerrallaan. Transit-puhelussa tarvittavien merkinantosanomien kohdalla edellytetään MTP-, TUP- ja

ISUP-protokollien standardisanomia. Näistä protokollista rakennetaan sanomien peruspohjat, joita käytetään puheluiden call flow -vuokaaviomallien eri tiloissa lähetettävänä ja vastaanotettavana sanomina. Simulaattorin merkinantokanavissa aikaansaamaa testikuormitusta säädetään käynnistettävien call flow -mallien avulla. Vieressä on esimerkkikuva testikuormituksen hallintaeditorista, jonka avulla merkinantolinkki-kohtaisesti määritetään käynnistettävät testitapaukset joko sekuntikohtaisesti tai asettamalla tietty BHCA-arvo kullekin call flow-puhelumallille, jolloin simulaattori osaa

kuormituksen mukaan käynnistää tarvittavan määrän testitapauksia (Test Sequence). Verkkosuunnitelman avulla määritetään eri linkeissä käytettävät testitapausryhmät (Sequence Group) ja verkkomalli täytyy yhdistää testilaitteiston MGTS-kehikon HW-ympäristön kanssa. Tämän jälkeen ollaan jo lähellä kuormatestauksen aloittamista. Työasemalla toteutetut puhelumallit siirretään ohjelmallisesti MGTS-kehikon muistiin ja testaus voidaan aloittaa.



Kuva 30: Vuokaaviomalli kuormatestauksen toteuttamiseen MGTS-laitteistolla

6.3 Testausmahdollisuudet

Testilaitteisto antaa joustavat mahdollisuudet merkinannon testaamiseen PCM-yhteyksillä. Laitteiston valmiiden protokollamallien merkinantosanomia voi editoida melko vapaasti. Standardisoitujen protokollien lisäksi sanomia on mahdollista rakentaa täysin vapaasti bitti kerrallaan. Tämän ansiosta myös virheellisten sanomien ja sanomarakenteiden toteuttaminen on helppoa ja järjestelmän toimintakykyä voidaan testata myös virheellisten merkinantosanomien kanssa. Laitteistolla on mahdollista

tehdä simulointia myös käyttämättä oikeaa puhelinverkkoa. Sillä voi testata puhelumallien ja konfiguraatioiden toimivuutta ilman ulkoisten järjestelmien aiheuttamia häiriöitä.

Simulaattorilaitteiston rajoituksena voi olla testilaitteella toteutettujen puhelumallien erot oikeassa puhelinverkossa käytettävien sanomien tai sanomarakenteiden välillä. Vikatapauksissa lähetettävien merkinantosanomien selvittäminen ei ole aivan yhtä yksinkertaista kuin onnistuneiden puheluiden yhteydessä ja testilaitteen täytyisi osata lähettää oikeat sanomat tai sanomakentät vikatapauksesta riippuen. Tämä tekee laitteella toteutetuista sanomamalleista hyvinkin monimutkikkaita eikä kaikissa tilanteissa voida olettaa laitteen osaavan käyttää oikean keskusjärjestelmän edellyttämiä merkinantosanomia.

Testauksen tuloksiin ja testauksessa todettuihin viiveisiin antaa oman vaikutuksensa testilaitteen oma prosessointinopeus. Testilaitteen merkinantosanomien prosessointiviiveet ilmenevät taulukosta 11, mutta näiden ei todettu rajoittavan testausta. Samalla todettiin testilaitteen sanomien käsittelykapasiteetin, noin 1 500 MSU-sanomaa sekunnissa merkinantokanavaa kohti, ylittävän testattavan puhelinkeskusjärjestelmän kapasiteetin.

6.4 Liikennemalli

Puhelinkeskuksen välittämäksi testiliikenteeksi on valittu kauttakulkupuhelut, jolloin matkapuhelinkeskus toimii puheluita välittävänä gateway-keskuksena eikä keskuksen varsinaisia matkapuhelinverkon ominaisuuksia jouduta käyttämään. Tämän myötä pystytään liikennekuorman vaikutus kohdentamaan matkapuhelinkeskuksen LTG-yksikköihin ja välttämään muiden keskuksessa olevien laiteyksiköiden sivuvaikutuksia puhelunvälityksessä.

Eri merkinantoprotokollien välillä tehtävä vertailu muodostuu merkinantosanomien kohdalla vaikeaksi, jos näillä pyritään välittämään myös erikoisempia sanomiin liitettäviä lisäparametreja. Esimerkkinä mainittakoon vertailu ISUP- ja TUP-

signalointien välillä, jolloin TUP-merkinannolla ei edes pystytä välittämään kaikkea samaa merkinantoinformaatiota kuin ISUP-merkinannolla. Testauksen alkuvaiheessa onkin aluksi parempi pitäytyä yksinkertaisimmissa puhelutapauksissa. Myöhemmässä vaiheessa simuloituun ympäristöön voi yrittää toteuttaa vastaavanlaista puhelinliikennettä kuin yleisessä puhelinverkossa.

6.4.1 Peruspuhelut PSTN-verkon välillä

Työssä on haluttu perehtyä eri merkinannoilla tehtäviin transit-puhelutapauksiin. Yleisesti puhelinverkossa toteutuvat puhelut voidaan jakaa *peruspuheluihin* ja *lisäpalveluita käyttäviin puheluihin*. Jotta eri merkinannoilla toteutuvat puhelumallit olisivat verrattavissa toisiinsa, on testauksessa pyrittävä minimoimaan merkinannoilla toteutettujen erikoispalveluiden vaatimat merkinantosanomien ylimääräiset lisäkentät sekä myös itse merkinantosanomien. Tähän on viitattu myös aiemmin merkinantosanomilla siirrettäviä bittimääriä käsittelevässä luvussa 5.4.2. Lähtökohdaksi onkin otettu yksinkertaisimmat puhelutapaukset, jolloin merkinantoliikenne koostuu vain peruspuheluiden edellyttämistä sanomista. Tällöin pystytään helpommin määrittämään merkinantokanavien ja merkinantoa välittävien laiteyksiköiden maksimikapasiteetit. Mahdolliset lisäsanomat lisäävät merkinantokanavan kuormitusta, jolloin simuloinnissa saavutettuihin merkinantokanavan kapasiteettiarvoihin ei käytännössä todellisten puhelinverkkojen kohdalla kuitenkaan päästä.

Seuraavat kauttakulkupuhelutapaukset on toteutettiin simulointiympäristössä:

- Transit-puhelu ISUP-ISUP (kuva luvussa 5.4.1)
- Transit-puhelu TUP-TUP (kuva luvussa 5.4.1)

Yksinkertaisimmissa kauttakulkuapauksissa puhelut reititetään samaa merkinantoa käyttäen matkapuhelinkeskuksen LTG-yksikön kautta takaisin PSTN-verkon numeroavaruuteen. Tästä esimerkkinä ovat pelkästään ISUP-ISUP - ja TUP-TUP -merkinannoilla toteutetut puhelutapaukset. Liitteissä 1, 2 ja 3 on käsitelty TUP-merkinannolla käytettyjä sanomia ja liitteissä 4, 5 ja 6 on esitetty vastaavat ISUP-merkinannon sanomat. Monimutkaisemmiksi muodostuvat puhelutapaukset, joissa

jatkoreitityksessä käytettävää merkinantoa joudutaan vaihtamaan LTG-yksikössä. Tässä diplomityössä ei ole kuitenkaan perehdytty tarkemmin näihin muihin vaihtoehtoihin.

6.4.2 Mitattavat kohteet EWSD-järjestelmässä

Puhelinkeskusjärjestelmän tarjoamaa palvelun laatua (GoS) voidaan arvioida lukuisien eri kriteerien avulla. Näitä on käsitelty tässä diplomityössä jo aiemmin luvussa 5.3.. Merkittävin kriteeri arvioitaessa telepalveluita käyttäjän kannalta on, onnistuuko puhelu vai ei. Puhelun välittäminen on kuitenkin monen osatekijän summa, jonka lopputulos riippuu kaikkien osatekijöiden GoS-tasojen riittävästä toteutumisesta. Puhelun onnistumiseen vaikuttavat osaltaan puheyhteysien kapasiteetin ja järjestelmän välityskapasiteetin riittävyys. GoS-tasoon vaikuttavat myös järjestelmässä ilmenevät puhe- ja merkinantoyhteysien prosessointiviiveet, jolloin käyttäjien todettaviksi tulee vain pidentyneet kytkentäajat.

Yksinkertaisimmillaan puhelinverkon käytettävyyttä pystytään arvioimaan järjestelmästä riippumatta *onnistuneiden* ja *epäonnistuneiden puheluiden määrillä*. Tämän onkin melko yksiselitteinen suorituskykymittari. Tämän lisäksi laitejärjestelmässä ja puhelinverkossa pystytään seuraamaan lukuisia muita mittausrvoja.

Testattavassa EWSD-puhelinkeskusjärjestelmässä voidaan mitata sekä verkon että myös keskusjärjestelmän toimintatasoa alempana mainittujen mittaustoimintojen avulla [Sie99Traffic, Rap129/92]. Näitä toimintoja ohjataan EWSD-puhelinkeskuksen OMT-päätteen kautta ja ne käynnistetään CML-komennoilla (Command Machine Language, CML) annettavia komentoja täydentävien lisäparametrien kanssa. EWSD-järjestelmässä käytettävät, liikenteen välittämiseen liittyvät mittausjaksot on asetettu vähintään 15 minuutiksi tai sen kerrannaisiksi, 30 minuutiksi, 45 minuutiksi ja niin edespäin ($n \cdot 15\text{min}$, kun $n=1,2,3,\dots$).

- Prosessorin CP kuormitustaso (REC CP)
- Prosessorin GP kuormitustaso (REC GP)
- Merkinantokanavan kuormitus (REC C7LLOAD)
- Hylätyt tietosanomayksiköt (REC C7DCDMSU)
- Osoitepisteen merkinantokuormitus (CR/CONF/MOD/DISP C7DP)
- Merkinannon palvelutaso (REC C7GOS)
- Merkinantoväyläjärjestelmän epäkäytettävyys (REC C7RSET)

Järjestelmän *CP-prosessorin kuormitusmittauksessa* (CML-komento: REC CP) rekisteröidään erikseen puheluiden prosessoinnin aiheuttama kuormitus [mErl] (Carried traffic) sekä kokonaiskuormitus [mErl] (Total intensity) CP-yksikössä. CP:n sisäisten eri prosessorien kohdalla on syytä huomioda, että melkein kaikki toiminnot keskusjärjestelmässä kuormittavat CP:tä eli kaiken mittaustuloksiin vaikuttavan, testaukseen kuulumattoman prosessointikuorman vaikutus täytyisi huomioda mittaustuloksissa tai ideaalitapauksessa minimoida kokonaan. Mittausta kohdentamalla ei ole mahdollista eritellä saatuja arvoja muuten kuin ajallisesti mittausjaksojen perusteella. Liitteissä 7 ja 8 on taulukoitu testattavasta järjestelmästä mitattuja kuormitusarvoja.

GP-prosessorien kuormitusaste (CML-komento: REC GP) mitataan LTG-kohtaisesti. Tuloksena saadaan prosessoinnin aiheuttama kuormitus [mErl] GP:ssä seurantajakson aikana. Liitteissä 7 ja 8 on taulukoitu kuormatestauksen aikana mitattuja GP-yksikön kuormitusarvoja.

Merkinantokanavan kuormitusta mitattaessa täytyy pystyä rekisteröimään merkinantokanavassa välitettävät merkinantosanomiat. Tämä voidaan tehdä **C7LLOAD**-toiminnolla (CML-komento: REC C7LLOAD), jolloin pystytään merkinantokanavakohtaisesti rekisteröimään seuraavanlaisia merkinantokanavassa välitettäviä merkinantosanomiat ja sanomien kenttiä sekä muutamia kanavan tilasta kertovia parametreja:

- Lähetetyt / vastaanotetut **SIF- ja SIO**-sanomat
- Uudelleen lähetetyt **SIF- ja SIO**-sanomat
- Lähetetyt / vastaanotetut **MSU**-sanomat
- Ylikuormituksen takia hylätyt merkinantosanomiat
- Ylikuormituksen kesto

Hylättyjä tietosanomayksiköitä pystytään seuraamaan **C7DCDMSU**-toiminnolla (CML: REC C7DCDMSU). Tämän avulla voidaan rekisteröidä osoitetietojen vuoksi puhelinkeskuksen eri yksiköissä hylätyt MSU-sanomat. Mittausjaksona käytetään tässä myös vähintään 15 minuuttia.

- Osoitetietojen takia puhelinkeskuksen hylkäämät MSU-sanomat
- Osoitetietojen takia puhelinkeskuksen eri yksiköissä hylätyt MSU-sanomat

Osoitepisteen merkinantokuormitus voidaan rekisteröidä **C7DP**-toiminnolla (CML: CR/CONF/MOD/DISP C7DP):

- DPC-koodien mukaan halutun merkinantopisteen lähettämät ja vastaanottamat merkinantosanomien SIF/SIO-oktetit

Merkinantokanavan palvelutasoa pystytään seuraamaan **C7GOS**-toiminnon (CML: REC C7GOS) avulla. Tällöin rekisteröidään seuraavanlaisia merkinantokanavan toimivuutta havainnollistavia mittausarvoja:

- Merkinantokanavien toiminta- sekä myös epäkäytettävyyssajat
- Virheelliset merkinantosanomien
- Merkinantokanavien epäkäytettävyys erilaisten kanavan teljentoimintojen kanssa

Merkinantoväyläjärjestelmän epäkäytettävyydellä pystytään selvittämään järjestelmän merkinantoyhteyksien epäkäytettävyytilat. Toiminnolla **C7RSET** (CML: REC C7RSET) pystytään seuraamaan merkinantoväylien toimintakuntoa erityisesti epäkäytettävyytilojen kannalta:

- Merkinannon reititysyhteyksien epäkäytettävyytilojen lukumäärät
- Merkinannon reititysyhteyksien epäkäytettävyytilojen kestot

Edellä mainittujen järjestelmän sisäisten mittareiden lisäksi keskuksen välityskyvyssä pystytään toteamaan rajoituksia myös erilaisten varoitusten kautta. EWSD-järjestelmän LTG ja CP mittaavat omaa toimintakykyään ja antavat ylikuormavaaran lähestyessä *ylikuormavaroituksia* [Sie94LTG]. LTG:n kohdalla puhutaan *Local LTG Overload* – varoituksista ja CP:n kohdalla *CP Overload* –varoituksista. LTG:n joutuessa ylikuormaan puhelinliikenne estyy tilapäisesti LTG:n kautta ja tämä näkyy suoraan epäonnistuneina puheluina. CP-yksikön ylikuormatapauksissa vaarana on koko puhelinkeskuksen toiminnan hetkittäinen lamauminen. Molempien häiriöiden kohdalla keskuksen toiminta on pyritty varmistamaan, ja puhelinkeskus ja sen eri laiteyksiköt osaavat automaattisesti palauttaa itsensä jälleen toimintakuntoon.

6.4.3 Peruspuhelimien käsittelyajat

Puhelimien merkinantoliikenteen kuormitusvaikutuksia tarkasteltaessa on hyödyllistä tietää sanomien *prosessointiajat* testattavassa järjestelmässä. Molemmilla merkinannoilla toteutetuista puhelutapauksista pystytään puhelinkeskusjärjestelmän ulkopuolisella monitorilla rekisteröimään yksittäisten sanomien lähetys- ja vastaanottoajat sekä puheluiden todellinen *pitoaika*. Merkinantosanomien lähetys- ja vastaanottoaikojen perusteella on mahdollista laskea *puhelun muodostus-* ja *lopetusaika*

sekä myös *kytkentäaika*. Pitoaika esiintyy taulukossa laskettaessa ensimmäisen ja viimeisen sanoman välistä eroa sarakkeessa *kokonais Δ*. Huomioitavaa taulukossa on erot sanomien käsittelyajoissa riippuen yhteyden suunnasta kauttakulkukeskukseen nähden; lähtö-kauttakulku –keskus vai kauttakulku-tulo –keskus. Puhelinliikennettä generoiva simulaattori on taulukossa lähtö- ja tulokeskuksen paikalla ja testattava puhelinkeskus on kauttakulkukeskuksena. Puhelinkeskuksen sisäiseen sanomien käsittelyyn käyttämät ajat näkyvät keskimmaisessä sarakkeessa.

Lähtökeskus					Kauttakulku- keskus		Tulokeskus					
TUP- sanoma	Tx> / Rx<	Aika	Δ [s]	Δ [s]	kokon ais Δ [s]	keskuksen käsittely- aika [s]	TUP- sanoma	Rx> / Tx<	Aika	Δ [s]	Δ [s]	kokon ais Δ [s]
IAI	>	12:48: 24,980816	↓	↓	↓	0,163	IAI	>	12:48: 25,144005	↓	↓	↓
			0,221							0,021		
ACM	<	12:48: 25,201636	↑	0,231		0,036	ACM	<	12:48: 25,165159	↑	0,023	
			0,010							0,002		
ANC	<	12:48: 25,211617	↑	↑	1,299	0,045	ANC	<	12:48: 25,166898	↑	↑	1,137
			1,010							1,106		
			puhelu kytkettynä ~1s									
CLF	>	12:48: 26,221684	↑	1,068		0,052	CLF	>	12:48: 26,273267	↑	1,114	
			0,058			0,058				0,008		
RLG	<	12:48: 26,279865	↑	↑	↑		RLG	<	12:48: 26,281016	↑	↑	↑
ISUP- sanoma	Tx> / Rx<	Aika	Δ [s]	Δ [s]	kokon ais Δ [s]	keskuksen käsittely- aika [s]	ISUP- sanoma	Rx> / Tx<	Aika	Δ [s]	Δ [s]	kokon ais Δ [s]
IAM	>	13:19: 03,447017	↓	↓	↓	0,188	IAM	>	13:19: 03,635022	↓	↓	↓
			0,249							0,017		
ACM	<	13:19: 03,696419	↑	0,259		0,045	ACM	<	13:19: 03,651688	↑	0,019	
			0,010							0,002		
ANM	<	13:19: 03,706288	↑	↑	1,332	0,052	ANM	<	13:19: 03,654175	↑	↑	1,146
			1,015							1,119		
			puhelu kytkettynä ~1s									
REL	>	13:19: 04,721381	↑	1,072		0,052	REL	>	13:19: 04,773008	↑	1,127	
			0,057			0,057				0,008		
RLC	<	13:19: 04,778524	↑	↑	↑		RLC	<	13:19: 04,780918	↑	↑	↑

Taulukko 11: Merkinantosanomien väliset prosessointiajat keskusjärjestelmässä

Ylläolevasta taulukosta on huomioitava puheluiden lyhyt kytkentäaika, joka tässä yhteydessä on 1 sekunti. Merkinannon prosessointi aiheuttaa eripituisia viiveitä kauttakulkukeskuksena olevassa järjestelmässä. Taulukosta on todettavissa eri merkinantojen välillä, ettei testausjärjestelmän käsittelemien merkinantosanomien kohdalla päästä aivan samoihin prosessointiaikoihin, vaikka käytössä olisivatkin

toisiaan vastaavat puhelumallit. Myös kytkentäaika vaihtelee asetetusta yhdestä sekunnista. Lyhyen kytkentäajan tarkoituksena on lisätä merkinantosanomien aiheuttamaa prosessointikuormitusta. Työn tarkoituksena on tutkia etenkin merkinannon käsittelyn aiheuttamia vaikutuksia keskusjärjestelmässä ja varsinaisissa kuormamittauksissa todettiin 1 sekuntia pitempien kytkentäaikojen aiheuttavan ongelmia puhekanavien resurssien suhteen. Testauskonfiguraatio mahdollistaa 61 yhtäaikaisen puhekanavan käytön käytettävää merkinantokanavaa kohti. Pitempien kytkentäaikojen kohdalla täytyisi testausjärjestelmän puhekanavien määrää lisätä huomattavasti, jotta päästäisiin vastaaviin merkinannon käsittelymääriin.

Edellisessä taulukossa voidaan tehdä vertailuja myös prosessointiaikojen välillä. Hyvä vertailukohta on puhelun aloittavan merkinantosanomien käsittelyaika, joka TUP-merkinannolla on 0,163 sekuntia ja ISUP-merkinantoa käytettäessä 0,188 sekuntia. Muiden sanomien käsittelyajat ovat melko merkityksettömiä tämän ensimmäisen sanoman rinnalla. Tästä vertailusta voidaan todeta puhelua aloittavan ISUP-merkinannon IAM-aloitusosoitesanomien prosessoinnin vaativan 15% enemmän prosessointiaikaa verrattuna TUP-merkinannon IAI-sanomaan. Tämä pitää osittain yhtä luvussa 5.4.2 käsiteltyjen merkinantosanomien sisältämien bittimääräerojen suhteen. Bittisiirtomäärien laskennallisessa vertailussa todettiin eroja merkinantosanomien pituuksissa, joten odotettavissa oli eroja myös sanomien prosessointiaikojen välillä.

6.4.4 Liikennemäärä EWSD-järjestelmässä

Puheluiden maksimaalisiin välitysmääriin vaikuttaa merkittävästi puheluiden pitoaika. Käynnissä oleva puhelu varaa kanavan käyttöönsä eikä samalla kanavalla voida välittää toista puhelua ennen kuin puhekanava on jälleen vapaa. Tämä rajoittaa vapaana olevien puhekanavien määrää ja tämän kautta järjestelmän välityskykyä.

Teoreettisesti tässä työssä käytetyllä testausjärjestelyllä ja valitulla 1 sekunnin kytkentäajalla pystyttäisiin 61 puhekanavassa välittämään tunnin aikana TUP-merkinannon kohdalla maksimissaan 168 923 ja ISUP-merkinannon kohdalla 163 881 puhelua, jotka on merkitty lihavoitettulla fontilla myös viereiseen taulukkoon. Puhelun kytkentäajaksi on testaukseen valittu 1 sekunti, jolloin varsinaista kytkentäaikaa

pidentää merkinantosanomien käsittelyn aiheuttamat viiveet puhelua muodostettaessa ja lopettaessa. Järjestelmän prosessointi aiheuttaa viiveitä molempien merkinantojen kohdalla yhteensä noin 0,3 sekuntia. Lisätyy kytKentääikaan nämä venyttävät puhelun lopulliseksi pitoajaksi TUP-merkinantoa käytettäessä noin 1,30 sekuntia ja ISUP-merkinantoa käytettäessä noin 1,34 sekuntia. Pitemmät pitoajat rajoittavat puheluiden lukumäärää, kuten viereisestä taulukosta voidaan todeta 15 ja 30 sekunnin pitoaikojen kohdalla. Lisäksi taulukkoon on laskettu maksimaalinen BHCA-määrä myös olemattomalla 0 sekunnin kytKentääajalla, jolloin vain sanomien prosessoinnin aiheuttamat viiveet vievät kytKentäkapasiteettiä. Vertailuun on otettu mukaan myös yhden PCM-johdon ja siinä olevien 30 puhekanavan mahdollistama maksimaalinen kapasiteetti.

Testausjärjestelyn kiiretunnin aikaiseksi maksimaaliseksi liikennemääräksi saadaan 61 puhekanavan konfiguraatiossa 61 Erlangia edellä käytetyllä 1 sekunnin kytKentääajalla. Tässä ei kuitenkaan huomioida, riittääkö keskusjärjestelmän käsittelykapasiteetti käytännössä laskennallisen liikennemäärän välittämiseen.

6.5 Merkinantokuormitus

Merkinannon aiheuttaman kuormituksen mittaamisessa seurattiin keskuksen LTG- sekä CCNC-yksiköiden toimintakykyä. Helpoimmin todettavissa olivat LTG:n kuormarajat. CCNC-yksikön yhtenä tehtävänä on käsitellä keskuksen sisäistä merkinantoa, eikä kuormituksen mittaukseen ole aivan yhtä selkeitä apuälineitä kuin LTG:n kohdalla.

Merkinanto kuormittaa puhelinkeskuksen eri järjestelmäyksiköitä. Luvussa 4.1.5 on käsitelty keskuksen sisäisen merkinannon kulkua ja esitetty kolme

Pitoaika [s]	Puhekanavien lkm	maksimi	
		BHCA	Liikenne- määrä [Erl]
0,30	61	732 000	61
0,34	61	645 882	61
1,30	30	83 077	30
1,30	61	168 923	61
1,34	30	80 597	30
1,34	61	163 881	61
15	30	7 200	30
15	61	14 640	61
30	30	3 564	30
30	61	7 248	61

Taulukko 12: Teoreettiset BHCA- ja liikennemäärämaksimit eri pitoajoilla

pääjärjestelmäyksikköä; LTG, CCNC ja CP. Nämä kaikki järjestelmäyksiköt osallistuvat sanomien käsittelyyn ja voivat sanomien käsittelykykynsä puolesta aiheuttaa rajoituksia koko järjestelmän käsittelykykyyn. Oletettavasti näiden edellä mainittujen yksiköiden prosessointikapasiteetit vaihtelevat toisistaan, jolloin rajoitukset välityskyvyssä ilmenevät jo tämän yksikön joutuessa ylikuormatilanteissa, vaikka muiden kahden yksikön välityskyky olisikin riittävä.

Sanomapuskurilla ohjataan samanaikaisesti prosessoitavaksi saapuvien sanomien käsittelyä, jolloin osa käsiteltäväksi tarkoitetuista sanomista ohjataan jonoon. Sanomapuskurissa odottavat sanomat käsitellään sitten saapumis- ja tärkeysjärjestyksessä tarvittavan prosessointikapasiteetin vapautuessa. Ongelmia syntyy kuitenkin puskurin täytyessä, jolloin tulevia sanomia ei voida enää laittaa jonoon odottamaan käsittelyvuoroaan. Osa sanomista katoaa tällöin ja sanomien aiheuttamat toimintapyynnöt jäävät toteutumatta. Sanomapuskurin pituudella voidaan vaikuttaa järjestelmän käsittelykykyyn ennen kuin joudutaan epätoivottuun sanomien kadottamistilanteeseen. Tavallisesti sanomaliikenne on vaiheittaista vaihdellen sanomien vastaanottotaajuutta. Näiden hiljaisempien vastaanotettavan sanomaliikenteen jaksojen aikana voidaan käsitellä sanomapuskurin jonossa olevia sanomia.

Aiemmin esitettyssä taulukossa 11 on ilmoitettu merkinantosanomien prosessoinnin vaatimia aikoja t [s]. Tämän perusteella voidaan laskea rajat x [1/s] liikennetiheydelle, jolla sanomapuskurin jono pysyy hallinnassa.

$$\frac{l_{\text{sanoma}}}{t} = x$$

Käsittelyaikana t [s] käytetään TUP-merkinannon kohdalla IAI-sanoman kauttakulkukeskuksessa käyttämää aikaa ja ISUP-merkinannolla vastaavaa IAM-sanoman käsittelyaikaa. Näiden avulla voidaan laskea prosessointitaajuudeksi TUP-merkinannon kohdalla maksimissaan 5,62 IAI-sanomaa sekunnissa ja ISUP-merkinannolla maksimissaan 4,83 IAM-sanomaa sekunnissa. Järjestelmän prosessointikykyyn vaikuttavat kaikkien edellä mainittujen yksiköiden sisäiset prosessointiajat, jolloin edellä esitetty sanomien kokonaiskäsittelyaika t muodostuu eri

prosessointiin osallistuvien yksiköiden käsittelyaikojen summasta. Kauttakulkupuhelussa sanomien prosessointiin osallistuvat seuraavat prosessointiyksiköt: tulevan suunnan LTG:n GP, CCNC, CP ja lähtevän suunnan LTG:n GP. Näiden prosessoriyksiköiden yhteenlasketut prosessointiajat muodostavat lopulta käsittelyajan.

Mittaustuloksia käsiteltäessä palataan aidossa testausympäristössä mittausjärjestelyllä toteutuneisiin sanomanopeuksiin.

6.5.1 Merkinantokuorman vaikutus EWSD:n johtoryhmäyksikössä (LTG)

Puhelinkeskuksen johtoryhmäyksikön ylikuorma vaikuttaa ensisijaisesti vain tämän yksikön kautta reititettäviin yhteyksiin. Ylikuormatilanteissa LTG:n prosessori GP antaa varoituksen liiallisesta kuormasta *Local LTG Overload*- ilmoituksella ja rajoittaa johdoille asetettujen kuormitusprioriteettien mukaisesti kytkettävien puheyhteysien lukumäärää.

LTG:hen tuleville johdoille pystytään asettamaan eriasteisia kuormarajoja (LPRIO0-LPRIO6). Ylikuormavaroitusten aikaisten, verkon ylläpidon asettamien kuormarajojen aiheuttamien sanomien vastaanottotaukojen tarkoituksena on rajoittaa GP:n vastaanottamia merkinantosanomia ja antaa GP:lle aikaa käsitellä puskuriinsa tulleet sanomat. Puskurin tyhjennyttyä GP alkaa jälleen vastaanottaa ulkoisia sanomia ja mahdollistaa puheyhteysien välittämisen. Tämän lisäksi kuormarajojen tarkoituksena on suojella keskuksen muita yksiköitä ylikuorman vaikutuksilta, jottei ylikuorma lamaannuta koko keskuksen toimintaa vaan vaikutukset rajoittuvat vain kyseisen LTG:n kautta reititettäviin yhteyksiin.

6.5.1.1 Ylikuorman rajoitusasteet johtoryhmässä

EWSD-järjestelmään tuleville PCM-johdoille on mahdollistettu 7-tasoinen kuormaprioriteetti LTG:n saavuttaessa ylikuormavaroituksen rajan (LPRIO0 - LPRIO6); johtoparametri LPRIO6 sallii liikenteen välityksen suuremmalla LTG:n

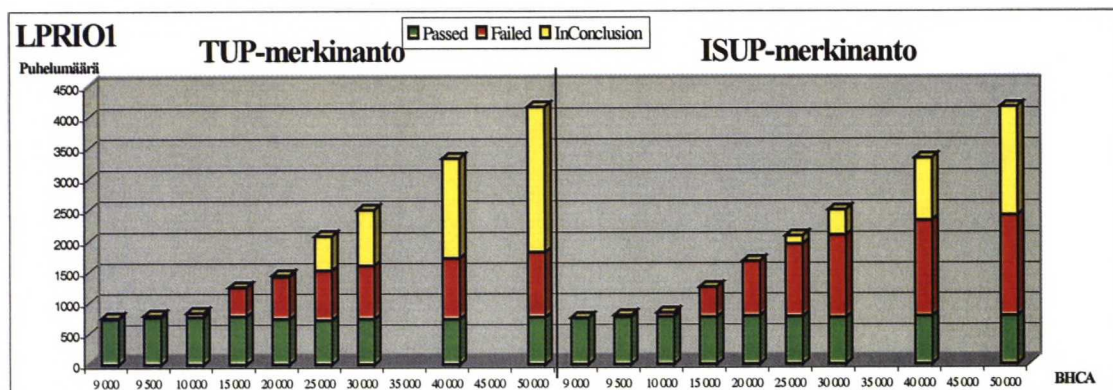
ylikuormituksella kuin LPRIO0. Puhekanavien kuormaprioriteettien avulla GP-yksiköiden vastaanottamille merkinantosanomille annetaan käsittelyprioriteetteja, joiden mukaan merkinantosanomia käsitellään ylikuormituksen aikana. Alemman prioriteetin omaavien puhekanavien merkinantosanomien ohitetaan ja kanavat poistetaan ylikuorman ilmaantuessa helpommin käytöstä. Näistä LPRIO-parametrien asettamisesta on lisätietoa liitteessä 10.

LTG:n ylikuormituksen aikana GP jättää täysin käsittelemättä TUP-merkinannolla välitetyn puhelinliikenteen vastaanotettavat merkinantosanomien, jos kanavien kuormaprioriteetti on liian alhainen. Tällöin ei merkinantokanavien ja GP-yksikön välissä välitetä minkäänlaisia TUP-merkinantosanomia, jolloin myös puheyhteyksien kytkeminen on mahdotonta.

ISUP-merkinannolla toteutettu kytkentäpyyntöjen rajoittaminen toteutuu hallitummin. GP-yksikkö vähentää puheyhteyksien kytkentää varten vapaina olevien puhekanavien määrää niin sanotusti ”blokkaamalla” (blocking). Tämän tarkoituksena on vähentää puheyhteyksille tarkoitettujen kanavien lukumäärää ja samalla puhekanavia ohjaavien merkinantosanomien määrää. GP:n ylikuormitusasteen vähetessä puhekanavat vapautetaan määritetyn kanavaprioriteetin ohjaamana blokkauksesta ja niiden kautta voidaan jälleen välittää puheluita.

6.5.1.2 Puhelumäärävertailu ISUP- ja TUP-merkinantojen välillä

Seuraavassa kuvassa on esitetty eri BHCA-määrillä puhelinkeskuksen välittämät puheluyritykset lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välisillä yhteyksillä. Käytetyille puhekanaville asetettu kuormaprioriteetti LPRIO1 mahdollistaa noin 9 500 BHCA:n liikenteen molempia merkinantoja käytettäessä ennen kuin LTG:n ylikuormavaroitus aktivoituu ja LTG rajoittaa välittämäänsä liikennettä.



Kuva 31: Onnistuneet ja epäonnistuneet puheluyritykset eri BHCA-määrillä TUP- ja ISUP-merkinantoa käytettäessä LPRI01-prioriteetillä (mittausjakso 5 minuuttia)

Ylläolevasta kuvasta on todettavissa, ettei eri merkinannoilla onnistuneiden puheyritysten välillä ole kovin suurta määrällistä eroa. Epäonnistuneita puheyrityksiä alkaa esiintyä 10 000 BHCA kohdalla. Vihreällä on merkitty onnistuneet puhelut (Passed), punaisella on merkitty hallitusti estyneet puheluyritykset (Failed) ja keltaisella on ilmaistu hallitsemattomasti, kuten ylikuorman aiheuttamien laitehäiriöiden takia, estyneet puhelut (In Conclusion). TUP-merkinannon kohdalla voidaan havaita kylläkin suurempi hallitsemattomasti epäonnistuneiden puheluyritysten määrä. Ensimmäiset hallitsemattomasti epäonnistuneet puheluyritykset on todettavissa 25 000 BHCA:n kohdalla.

Johtojen eri ylikuormaprioriteeteilla toteutuneet puhelumäärät on taulukoitu liitteissä 7 ja 8 numeerisesti ja liitteessä 9 on numeerisiin tuloksiin perustuvat graafiset esitykset.

6.5.1.3 GP:n kuormitus

Testauksen aikana oli mahdollista seurata järjestelmän LTG-yksiköiden ryhmäprosessorien kuormitustasoa. Ryhmäprosessorien kuormitustason mittaus kohdistuu kunkin LTG:n alaiseen GP:hen.

Eri merkinantojen välillä oli todettavissa selviä eroja prosessorin kuormitustasossa. Viereisestä taulukosta voidaan todeta GP:n peruskuormituksen eli niin sanotun tyhjäkäyntikuormituksen olevan merkinannosta riippumaton ollen 110 mErl. Mittauksissa käytetyille puhekanaville oli asetettu korkein ylikuormaprioriteetti LPRIO6. Allaolevan taulukon 13 ilmaisemat kuormituslukemat on verrattavissa kuvassa 33 esitettyihin puhelumäärien.

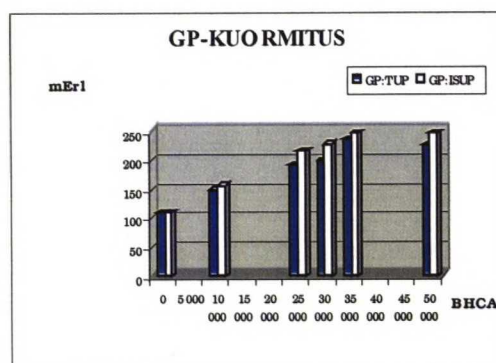
Sekä taulukosta 13 että kuvasta 32 on nähtävissä puhelinliikenteen aiheuttamat kuormitushuiput ryhmäprosessorissa. Erikoisena piirteenä on TUP-merkinannolla todettavissa olevan kuormitushuipun 236 mErl esiintyminen 35 000 BHCA:n kohdalla. Suuremmalla kuormituksella 50 000 BHCA:n kohdalla prosessorikuormitus on

Mitattu kuormitus [mErl]			
BHCA	GP:TUP	GP:ISUP	
0	110	110	tyhjäkäyntikuorma
10 000	148	156	
25 000	192	216	
30 000	199	228	
35 000	236	246	
50 000	226	247	

Taulukko 13: GP:ssä mitattu kuormitus TUP- ja ISUP-merkinantoja käytettäessä (LPRIO6)

alhaisempi eli 226 mErl. Puhelutapauksissa on todettavissa ensimmäiset epäonnistuneet puheluyritykset 35 000 BHCA:n kohdalla. Tästä voidaan päätellä epäonnistuneiden puheluyritysten lisäävän keskuksen ja LTG:n kuormitusta, josta syystä GP:n mittaama kuormitustaso nousee odotettavissa olevaa tasoa korkeammaksi.

ISUP-merkinannolla todettava suurin kuormitustaso esiintyy 50 000 BHCA:n kohdalla ollen 247 mErl, joka on 9% suurempi kuin TUP-merkinannolla mitattavissa oleva kuormitus. ISUP-merkinannolla GP:n kuormitustaso kasvaa tasaisesti huippuarvoon saakka kuten kuvasta 32 on nähtävissä ilman TUP-merkinannolla esiintyvää 35 000 BHCA:n kuormitushuippua.



Kuva 32: GP:ssä mitattu kuormitus TUP- ja ISUP-merkinantoja käytettäessä eri BHCA-arvoilla

Liitteissä 7 ja 8 on esitetty mittauksissa saadut tulokset kokonaisuudessaan.

6.5.2 Merkinantokuorman vaikutus yhteiskanavamerkinannon ohjauksessa (CCNC ja CP)

Yhteiskanavamerkinannon varsinainen ohjaus tapahtuu EWSD-keskusjärjestelmän CCNC- ja CP-yksiköissä. Tämän takia kuormatestauksessa keskitytään CCNC-yksikön lisäksi myös CP-yksikön käsittelykykyyn. Kuormitustason mittaaminen on helpompaa CP:n kuin CCNC-yksikön kohdalla, jolle ei ole yksiselitteisiä kuormitusastemittareita. CP-yksikön saavuttaessa ylikuormarajan järjestelmä antaa *CP Overload*-varoituksen.

Testauksen aikana todettiin LTG:n ylikuormahälytysten tarpeellisuus järjestelmän toimivuuden takaamiseksi. Testitilanteessa täytyi nostaa puheyhteyksien ylikuormaprioriteettia, jottei LTG-yksikkö olisi käynyt rajoittamaan ylikuormavaaran takia välittämäänsä liikennettä. Vasta tämän jälkeen oli mahdollista ylikuormittaa keskuksen muitakin laiteyksiköitä kuin pelkästään LTG-yksikköä.

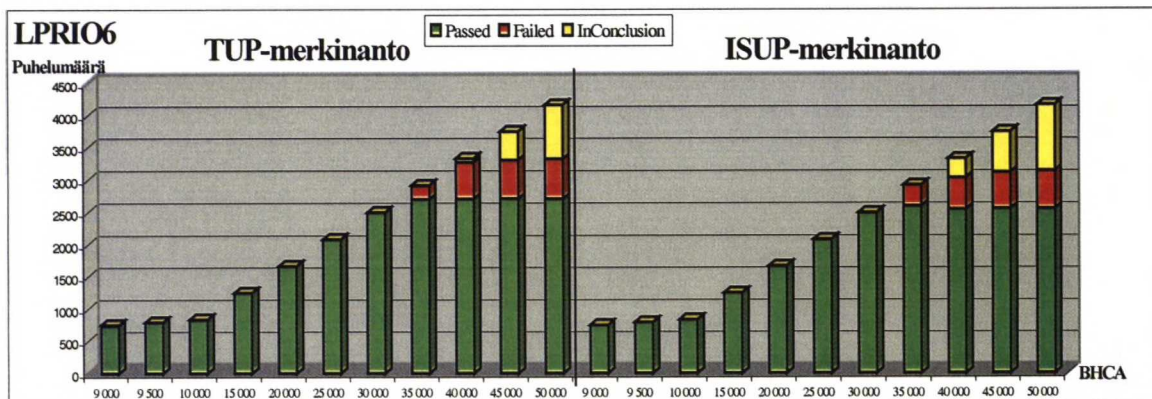
Tarjotun puhelinliikenteen kasvattaminen lisää keskuksen sisäistä sanomaliikennettä. Liikennemäärien noustessa sisäisten sanomien käsittelyyn osallistuvien CCNC- ja CP-yksiköiden eri osissa oli todettavissa liiallisen kuormituksen aiheuttamia toiminnan keskeytyksiä ja samalla katkoksia puhelinliikenteen välittämisessä. Järjestelmässä ilmenevien vikatapauksien jälkeen vikaantuneet yksiköt palautetaan mahdollisuuksien

mukaan toimintakuntoisiksi *elpymis-* eli *recovery*-toiminnoilla [Sie94CCNC]. Recovery-toiminnon avulla vikaantunut järjestelmäyksikkö käynnistetään uudelleen. Tämä aiheuttaa katkoksen niihin järjestelmätoimintoihin, joista vikaantunut yksikkö on vastuussa. Järjestelmän tai järjestelmäyksiköiden käynnistymisnopeus riippuu recoveryn kohteeksi joutuneesta yksiköstä. Ylikuormituksen aikana havaittiin recovery-toiminnon käynnistymisiä CCNC:n sisäisissä CCNP- ja SILTG-yksiköissä. Itse CP-yksikön tekemä recovery käynnistää keskuksen ohjelmiston uudestaan ja keskeyttää samalla hetkeksi myös puheluiden välitystoiminnan, mutta tätä ei esiintynyt testauksessa käytetyillä kuormamäärillä.

CP-yksikköön on mahdollista liittää useampia keskuksen toimintaa ja sanomien käsittelyä ohjaavaa prosessoria. Tämän avulla voidaan jakaa CP-yksikön toimintoja useamman prosessorin kesken ja lisätä järjestelmän prosessointikykyä. Testauskonfiguraatiossa tämä ei kuitenkaan ollut teknisistä syistä mahdollista ja CP-yksikön kaikki toiminnot hoidettiin yhden prosessoriyksikön ohjaamana. Puheluiden prosessointia ohjaavan CAP-lisäprossessorin testaaminen olisi tuonut lisätietoa prosessorikuorman jakautumisesta sisäisesti CP-yksikössä ja tarkemmissa jatkotutkimuksissa tämä olisi hyvä myös huomioida.

6.5.2.1 Puhelumäärävertailu ISUP- ja TUP-merkinantojen välillä

Seuraavassa kuvassa on esitetty eri BHCA-määrillä puhelinkeskuksen välittämät puheluyritykset lähtö- ja kauttakulkukeskuksen välisillä yhteyksillä. Käytetyille puhekanaville asetettu kuormaprioriteetti LPRIO6 mahdollistaa noin 32 500 BHCA:n liikenteen molempia merkinantoja käytettäessä ennen kuin puheluyritykset alkavat epäonnistua.



Kuva 33: Onnistuneet ja epäonnistuneet puheluyritykset eri BHCA-määrillä TUP- ja ISUP-merkinantoa käytettäessä LPRI06-prioriteetillä (mittausjakso 5 minuuttia)

Kuvasta on todettavissa, että eri merkinannoilla tehtyjen onnistuneiden puheyritysten välillä ei ole kovin suurta eroa. Epäonnistuneita puheyrityksiä alkaa esiintyä vasta 35 000 BHCA kohdalla. Kuvan 31 tavoin vihreällä on merkitty onnistuneet puhelut, punaisella hallitusti estyneet puheluyritykset ja keltaisella hallitsemattomasti estyneet puhelut.

6.5.2.2 CP:n kuormitus

Alla olevassa taulukossa on esitetty kuormatestauksen aikana rekisteröidyt kuormitusarvot. Taulukon sarakkeissa "Carried traffic" tarkoitetaan puheluiden prosessoinnin aiheuttamaan merkinantokuormaa [mErl] ja "Total intensity" prosessorin kokonaiskuormitusta [mErl].

Mitattu prosessorikuormitus [mErl]				
BHCA	CP:TUP Carried traffic	CP:ISUP Carried traffic	CP:TUP Total intensity	CP:ISUP Total intensity
0	0	0	145	145
10 000	20	20	168	164
25 000	51	51	198	195
30 000	60	60	210	211
35 000	68	65	214	211
50 000	65	65	217	211

tyhjäkäyntikuorma

Taulukko 14: CP:ssä mitattu kuormitus TUP- ja ISUP-merkinantoja käytettäessä

Erikoisena piirteenä on TUP-merkinannolla todettavissa olevan kuormitushuipun esiintyminen 35 000 BHCA:n kohdalla. Vastaavanlainen prosessorikuormituksen kohoaminen on todettu myös GP-yksikön kohdalla, jota käsiteltiin tarkemmin luvussa 6.5.1.3. Taulukosta 14 voidaan todeta CP-kuormituksen nousevan TUP-merkinannolla ISUP-merkinantoa korkeammaksi.

Puheluiden käsittelyn aiheuttama liikennekuorma on molempien merkinantojen kohdalla vastaavanlainen 35 000 BHCA:n aiheuttamaa kuormitusta lukuunottamatta. TUP-merkinannolla CP:n kokonaiskuormitus ei vakiintunut tiettyyn huippuarvoon, kuten ISUP-merkinannon kohdalla kävi. TUP-merkinannolla saavutettu CP-yksikön kokonaiskuormituksen huippuarvo nousee 217 mErl:iin, kun taas ISUP-merkinannolla todettavissa oleva huippuarvo vakiintuu 211 mErl:iin. Mittauksia ei tehty yli 50 000 BHCA:n liikennemäärillä.

Liitteissä 7 ja 8 on esitetty mittauksissa saadut tulokset kokonaisuudessaan.

7 LOPPUYHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Merkinantosanomien vertailu muodostuu yleisessä puhelinverkossa vaikeaksi, sillä käytetyt puhelumallit on voitava toistaa samanlaisina eri yhteiskanavasignaloiteja käytettäessä. Oikeassa puhelinverkossa voi testauksen aikana tulla myös yllättäviä, ennalta-arvaamattomia ulkopuolisia tekijöitä mukaan, sillä puhelinverkon laitteiden tehtävänä on pitää verkon toimintataso haluttuna ja niiden on kyettävä selviytymään erilaisista yllättävistä virhetilanteista. Tämän vuoksi puhelinkeskuksen pakottaminen häiriötilanteisiin on hankalaa. Oikean puhelinverkon merkinantoyksiköt on konfiguroitu lisäksi vaihtelevasti.

Simuloidun puhelinliikenteen puhelumallien vertaaminen käytössä olevaan yleisen puhelinverkon puheluihin ei ole aivan totuudenmukaista, mutta simulaattoritestauksella saatuja kuormitusarvoja voidaan käyttää suuntaa-antavina laskettaessa vähimmäisvaatimuksia eri merkinannoilla ohjattaville merkinantoyhteyksille.

7.1 Tutkimukset tulokset

Työssä havaittiin, ettei testauksessa käytetty keskusjärjestelmän konfiguraatio ollut aivan riittävä välittämään tarjottua puhelinliikennettä. Olennaiseksi pullonkaulaksi muodostui käytettävissä olevien puhekanavien lukumäärä. Laajempaa konfiguraatiota käyttäen merkinannon aiheuttama kuormitus olisi ollut helpommin todettavissa. Puhekanavien lukumäärä on suoraan lisättävissä keskukseen liitettävien LTG-yksiköiden avulla, mutta kustannussyistä ei tätä kuitenkaan ryhdytty toteuttamaan.

Seuraavana käsitellään yksitellen diplomityön alussa asetetut tavoitteet ja kerrotaan niiden saavuttamisesta.

1. Miten sanomaerot kahden merkinantoprotokollan välillä vaikuttavat PCM-merkinantokanavan välityskykyyn sekä merkinantoa ohjaaviin puhelinkeskuksen yksiköihin?

PCM-kanavan välityskyvyssä ei todettu puutteita käytetyllä testausjärjestelyllä. Diplomityön aiemmissa osissa on myös teoreettisesti tutkittu PCM-kanavan välityskykyä, mutta merkinantosanomien välittäminen ei muodostu PCM-merkinantokanavilla järjestelmän välityskykyä rajoittavaksi tekijäksi.

LTG-yksikön ryhmäprosessorin kohdalla on todettavissa pieniä eroja liikenteen välityskyvyssä ja pienemmillä ylikuormitusmäärillä ISUP-merkinannolla on välitettävissä enemmän puheluita. Vaikka ISUP-merkinantosanomien rakenne on TUP-merkinantosanomien monimutkaisempi, tämä ero selittyy todennäköisesti ISUP-merkinantoa ohjaavien yksiköiden ohjelmistojen paremmalla optimoinnilla.

Keskuksen CP-yksikön prosessointirajoja haettaessa huomattiin TUP-merkinannon mahdollistavan suuremman puhelumäärän. Ero TUP-merkinannon hyväksi aiheutuu todennäköisesti eri merkinantojen välisistä prosessointiviiveistä. Merkinantosanomien prosessointiviiveitä on käsitelty luvussa 6.4.3, jolloin myös todettiin ISUP-merkinantosanomien käsittelyn vievän noin 15% kauemmin aikaa kuin TUP-sanomien käsittelyn.

Merkinantosanomien käsittely nopeuksissa todettiin käytännön mittauksissa eroja laskennallisesti saatuihin maksiminopeuksiin. Todellisuudessa järjestelmä kykeni käsittelemään suuremman sanomamäärän kuin laskennallisesti oli odotettavissa. Merkinantokuormitusta käsittelevässä luvussa 6.5 todettiin laskennallisen puhelun aloitussanomien prosessointitaajuuden jäävän TUP-merkinannolla noin 5,6 IAI-sanomaan sekunnissa ja ISUP-merkinannolla 4,8 IAM-sanomaan sekunnissa. Todellisissa mittauksissa sekä TUP- että ISUP-merkinannoilla vastaanotettavien IAI- ja IAM-sanomien prosessointinopeus oli maksimissaan 8,3 sanomaa sekunnissa. Tämä ero liittyy luvussa 6.5 mainittuun kokonaiskäsittelyajan muodostumiseen. Alhaisen

kuormituksen aikana jonkun sanomien käsittelyyn osallistuvan yksikön prosessointinopeus hidastaa sanomaliikenteen toimintaa. Vaihtoehtoina ovat molempien suuntien LTG-yksiköt sekä CCNC- ja CP-yksikkö. Kuormitustilanteessa järjestelmän prosessoinnin todettiin nopeutuvan. Tämän diplomityön laajuus ei riittänyt syventymään tarkemmin aiheeseen, mitä vaikutusta tällä prosessointiajan lyhenemisellä on. Kyseessä voi olla sanomiin liittyvien eri varmennus- ja tarkastusproseduurien poisjättäminen, jonka seurauksena järjestelmä tulee häiriöherkemmäksi.

2. Mitkä ovat kauttakulkupuhelun liikennekuormarajat puhelinkeskuksen PSTN-rajapinnan yksikössä eri merkinannoilla ja mitä rajoja puhelinkeskuksen eri ohjelmisto-osat asettavat käsittelykyvyille?

Molemmilla käyttäjäosamerkinannoilla saatiin toteutuneeksi maksimivälitysmääräksi 32 500 BHCA testausjärjestelyssä käytetyllä konfiguraatiolla; 1 merkinantokanava LPRIO6-ylikuormaprioriteetilla varustettua 61 puhekanavaa kohti kahteen eri LTG:hen kytkettynä ja 1 sekunnin kytkentäaika. Ilman keskusjärjestelmässä ilmenneitä kuormitushäiriöitä olisi välityskyky ollut optimitapauksessa TUP-merkinannon kohdalla noin 169 000 BHCA ja ISUP-merkinannon kohdalla noin 164 000 BHCA eli puheluiden välityskyky jäi testausjärjestelyllä noin 20%:iin teoreettisesta maksimista.

Keskusjärjestelmän toiminnassa on kuitenkin otettu huomioon käsittelykapasiteetin rajat ja keskuksen välityskykyä rajoitetaan ylikuormavaroituksen voimassaolon aikana toiminnan varmistamiseksi. Tämä sama toiminnallisuus todettiin myös toteutettujen kuormitustestien aikana. Järjestelmän välitysmääräksi saatiin noin 9 500 BHCA, ennen kuin puhelut alkoivat ylikuormaprioriteettiasetusten ohjaamana epäonnistua. Tämä välitysmäärä on noin 6% teoreettisesta maksimista. Sama rajoitus välityskyvyssä todettiin sekä LPRIO1- että LPRIO3-ylikuormaprioriteettiasetuksilla. Koska edellä mainittujen ylikuormaprioriteettien välinen ero muodostui näinkin pieneksi, syynä täytyi olla toiminnallinen vajaavuus vielä tuotekehitysvaiheessa olevan järjestelmän ohjelmistossa.

3. *Onko TUP-merkinantoa (Telephone User Part) käytettäessä saatujen merkinannon liikennekuormalukujen perusteella mahdollista laskea vastaavien puhelumallien mukaiset liikennekuormaluvut myös ISUP-merkinannolle (ISDN User Part)?*

Eri merkinantojen välillä saatujen liikennekuormalukujen perusteella on mahdollista laskea vastaavuussuhteet, vaikkakin merkinantojen välillä ei olekaan todettavissa suuria eroja puhelinliikenteen välityskyvyssä. TUP-merkinannolla välitettävissä olevan maksimaalisen puhelumäärän todettiin olevan 6% ISUP-merkinannolla välitettävissä olevaa puhelumäärää korkeampi. Tämä ero tulee esiin vain käytettäessä järjestelmää ylikuormitusvaaran alaisena lähellä maksimaalista välityskykyä. Normaaaleissa käyttötilanteissa tähän ei kuitenkaan tule pyrkiä, sillä puhelinkeskusjärjestelmän toiminta muuttuu tässä vaiheessa epästabiiliksi.

4. *Miten luotettava vertailu testilaitteistolla simuloidun puhelinliikenteen ja aidon puhelinliikenteen merkinantokuorman välillä on?*

Oikean puhelinverkon merkinantosanomaliikenne on todellisuudessa monipuolisempaa kuin simulaattorin avulla toteutettu sanomaliikenne. Työssä käytetyt puhelumallit ovat yksinkertaistettuja ja ylimääräisten merkinantosanomien määrä on karsittu minimiin. Todellisessa puhelinverkossa merkinantokuormitusta lisäävät laskenta- ja muut puheluihin liittyvät täydennyssanomat (esimerkiksi A- tai B-numeron lähettäminen jälkikäteen). Lisäksi oma merkityksensä on merkinantokanavien asetuksilla ja merkinantoverkon suunnittelulla. Jo suunnitteluvaiheessa voidaan huomioida puheluiden aikana lähetettävien sanomien lukumäärät ja pyrkiä välittämään mahdollisimman paljon informaatiota samoissa merkinantosanomissa. Jokainen verkossa välitettävä sanoma tarvitsee otsikkokentät, jotka ovat itse puheluiden kannalta tarpeetonta tietoa, mutta tarpeellisia sanomien reitityksessä.

Sovitettaessa simuloidun liikenteen tuloksia oikeaan puhelinverkkoon on suositeltavaa jättää järjestelmän välityskapasiteettiin riittävä turvallisuusmarginaali, etteivät järjestelmän käsittelemät ylimääräiset sanomat aiheuta resurssiongelmia. Turvallisuusmarginaalia voidaan optimoida toteutuneen puhelinliikenteen mukaan, kunhan ensin on todettu järjestelmän välityskyvyn sen hetkinen riittävyys. Tarkastelua simuloidun ja oikean puhelinliikenteen välillä ei työn laajuuden vuoksi voitu toteuttaa.

7.2 Tulevaisuus

Tutkimustyön lähtökohtana ollut ero kahden eri käyttäjäosamerkinantoprotokollan välillä on tarpeen huomioda, jos molemmat merkinantoprotokollat ovat puhelinverkossa käytössä. Tutkittavana ollut TUP-protokolla on kuitenkin väistymässä ISUP-protokollan tieltä, joten siirtymävaiheen jälkeen ei enää tarvitse huomioda TUP-merkinannon aiheuttamia rajoituksia merkinantosanomissa eikä välityskapasiteetissa. Siirtymävaiheen aikana on syytä huomioda tilanne maailmanlaajuisesti eikä lähivuosina vielä ole odotettavissa vanhempien merkinantojen poistuvan käytöstä.

Puhelinkeskuksien kapasiteettiongelmat eivät kuitenkaan tule vähenemään, vaan tulevaisuudessa puhelinjärjestelmissä siirrettävät tietomäärät tulevat kasvamaan. Liikennekuormatestauksen merkitys on tällöin syytä huomioda myös ohjelmistotuotannon eri vaiheissa. Mitä aikaisemmassa tuotekehitysvaiheessa ohjelmistoviat huomataan, sitä helpompaa niiden korjaaminen on ja sitä vähemmän niistä aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia. Kapasiteettiongelmia ilmaantuu etenkin verkkojärjestelmien käyttäjämäärien kasvaessa voimakkaasti, jolloin verkon ylläpito ei ole osannut huomioda puhelinverkon yllättävästi lisääntyntä käyttöä. GSM-matkapuhelinverkon käyttäjämäärien kasvuhuippu on Suomessa jo ohitettu, mutta kansainvälisesti katsottuna ongelmat tulevat eteen vielä monissa maissa. Suomea voikin pitää tämän kannalta testialueena, josta saatuja kokemuksia voidaan käyttää hyväksi markkina-arvoltaan tärkeämmillä alueilla. Unohdettaessa GSM-matkapuhelinverkot ja kehiteltäessä seuraavien vuosien mukanaan tuomia uusia verkkojärjestelmiä, kuten GPRS- ja UMTS-verkkojärjestelmiä (Universal Mobile Telecommunication System), voidaan uusien verkkojen mahdollistamien, aiempaa suurempien tiedonsiirtomäärien

odottaa aiheuttavan siirtokapasiteettiongelmia, joka samalla aiheuttaa rajoituksia järjestelmien toimivuudelle. Verkon käyttäjät huomaavat myös nämä puutteet, kuten on tapahtunut tämän hetken uusien matkapuhelinverkon WAP-palvelujen kohdalla. Kaiken kaikkiaan tästä on seurauksena uusien järjestelmien arvioitua hitaampi yleistyminen.

LÄHDELUETTELO

- [Aston99] Dr John A.R. Williams. Traffic Theory. Aston University. Online. Updated 1999. Viitattu 25.10.2000. <http://www.eeap.aston.ac.uk/teltec/tutorials/Traffic%20Theory/notes/index.html>.
- [Biala93] Biala, Jacek. Mobilfunk und Intelligente Netze. Saksa. 1993. s.399. ISBN 3-528-05302-X.
- [CCITT88] Study Group XI. Report R 162. Report of study group XI to the CCITT plenary assembly. Part III.9 Signalling system No.7 (TUP). CCITT. Melbourne. 1988. AP IX-111-E.
- [CCITT92] Study Group XI. Report R 238. Report of the final meeting held in Geneva from 9 to 20 March 1992. Part III.53 Revised recommendation Q.931. CCITT. Geneve. 1992. COM XI-R 238-E.
- [DI513/91] Merkle Timo. Diplomityö 513. Erään GSM-konseptin matkapuhelin-keskuksen ja tukiasemajärjestelmän välisten BSSMAP-sanomien testaus. Teknillinen Korkeakoulu. 1991.
- [DI518/92] Mentula Matti. Diplomityö 518. GSM-matkapuhelinverkon pääte-laitteen ja tukiaseman välisen rajapinnan testipäätelaitteen avulla. Teknillinen Korkeakoulu. 1992.
- [DI742/98] Saukko Tero. Diplomityö. ISDN-käyttäjösan simulaatiotestaus matkapuhelinverkoissa. Teknillinen Korkeakoulu. 1998.
- [Ericsson97] Ericsson, Telia. Understanding Tele Communications. Studentlitteratur. 1997. 493 s. ISBN 91-44-00212-2.

- [ETSI92ISUP] ETSI. Signalling System No7 Integrated Services Digital Network (ISDN) User Part version 2 for the international Interface Part 1. Ranska. 1992. DE / SPS 6001.1.
- [GSM0102] ETSI/GSM. Recommendation GSM 01.02. General Description of a GSM PLMN. versio 3.0.1-1. 14 s.
- [Halme94] Halme Seppo J.. Televiestintäjärjestelmät. TKK Offset. 1994. ISBN 951-672-163-X.
- [INS121/89] Karlsson Nils. GSM verkon rakenne. INSKOn julkaisu. GSM - Yleiseurooppalainen matkapuhelinverkko. 121-89 IV. 1989. 10 s.
- [INS176/87] Rosendahl Pasi. ISDN-merkinanto. INSKOn julkaisu. Digitaalisen siirron mittaukset - ISDN on tulossa. 1987. 176-87 V.
- [E492] ITU-T Recommendation E.492. Traffic Reference Period. Helsinki. 1996. 10 s.
- [E500] ITU-T Recommendation E.500. Traffic Intensity Measurement Principles. Geneva. 1998. 17 s.
- [Mouly92] Mouly Michel, Pautet Marie-Bernadette. The GSM System for Mobile Communications. 1992. 701 s. ISBN 2-9507190-0-7.
- [Pentti99] Jyrki Penttinen. GSM-tekniikka, Järjestelmän toiminta, palvelut ja suunnittelu. WSOY. 1999. 349 s. ISBN 951-0-24098-2.
- [Posti90ISUP] Kansallinen yhteiskanavamerkinantojärjestelmä, ISDN-käyttäjäosa ISUP. Posti- ja Telehallitus, Puhelinlaitosten Liitto r.y.. Helsinki. 1990. 149 s. ISBN 951-47-3874-8.
- [Posti88MTP] Kansallinen yhteiskanavamerkinantojärjestelmä, Sanomansiirto-osa MTP. Posti- ja Telehallitus, Puhelinlaitosten Liitto r.y.. Helsinki. 1988. 81 s. ISBN 951-47-2036-9.

- [Posti88TUP] Kansallinen yhteiskanavamerkinantojärjestelmä, Puhelinkäyttäjäosa TUP. Posti- ja Telehallitus, Puhelinlaitosten Liitto r.y.. Helsinki. 1988. 65 s. ISBN 951-47-2035-0.
- [RAP129/92] Hartikainen Heikki. Raportti 129. Yhteiskanavamerkinatoverkon mitattavat parametrit ja niiden käyttö. Helsingin puhelinyhdistyskeskuksen tutkimuslaitos. 1992. 89 s. ISBN 951-9425-26-8.
- [Sie87] Siemens OY. EWSD Moniprosessorijärjestelmä CP113. Myyntiesite. 1987. S01/04/92-01.
- [Sie93] Siemens OY. EWSD Digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä GSM osa 7. 3. painos. Myyntiesite. 1993. S01/20/90-01.
- [Sie94CCNC] Siemens Training Center for Communication Networks. EWSD - SSS Extended System Training and Safeguarding Functions Periphery File4: CCNC. Sisäinen dokumentti. München. 1994. A30181-X1742-X001-01-7635.
- [Sie94LTG] Siemens Training Center for Communication Networks. EWSD - SSS Extended System Training and Safeguarding Functions Periphery File2: LTG. Sisäinen dokumentti. München. 1994. A30181-X1742-X001-01-7635.
- [Sie96CCNC] Siemens AG. Signaling Overview CCNC. Sisäinen dokumentti. München. 1996. A30808-X2769-X7-1-7618.
- [Sie96CP] Siemens AG. Control Overview CP113C/CR. Sisäinen dokumentti. München. 1996. A30808-X2765-C107-1-7618.
- [Sie96LTG] Siemens AG. Access Overview LTGG. Sisäinen dokumentti. München. 1996. A30808-X2720-X905-3-7618.
- [Sie98SSS] Siemens AG. Switching Subsystem D900/D1800 (TED-SSS). Sisäinen dokumentti. München. 1996. A30808-X3232-Y307-1-7618.

- [Sie99Traffic] Siemens AG. Traffic Data Administration, Traffic Measurement..
Sisäinen dokumentti. München. 1999. A50016-D1108-G801-1-7618.
- [Tek92HW] Tekelec. Signalling/Cellular Generic Hardware Installation Manual .
Version 1.0. USA. 1992. P/N 909-0467-01. <http://www.tekelec.com>.
- [Tek94] Tekelec. CCS7 Pocket Guide. USA. 12/1994. Publication 908-0099-
01. <http://www.tekelec.com>.
- [TekCCS7] Tekelec. CCS7/MGTS User's Manual. USA. 9/1996. P/N 909-0411-
05 Revision D. <http://www.tekelec.com>.
- [TekMGTS] Tekelec. MGTS Product Feature Guide. Tuotteen myyntiesite. USA.
1997. <http://www.tekelec.com>.
- [Teleng99] Robin Braun. 48750 Network Management and Planning. University
of Leeds. Online. Updated 1999. Viitattu 15.8.2000.
<http://www.teleng.eng.uts.edu.au/subjects/48750/overheads/main.htm>.
- [Tik109350] Ahtiainen Ari. Televerkon signaalointiprotokollat ja -ohjelmistot.
Tietoliikennetekniikan laboratorion kurssi. Kevät 1996.

Liite 1.

TRANSIT-PUHELUN SANOMAVIRTA (CALL FLOW)

TUP-SIGNALOINNILLA

Suodatustaso (näytettävät kentät YKM-kerroksilla):

- Taso 2 näytetty kokonaan
- Tasolla 4 näytetty numerointi

CALL SETUP:

MSG	CODE	--CIC-	SLS	----	OPC----	----	DPC--	SIO	L2SF	TYPE	Dir	HH:MM:SS:
IAI	2	1	21		0-12-4		7-243-2	84		BTUP	4>A	01:07:39'
					Backward Sequence Number	:	31					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	29					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	20					
					Spare	:						
					Called address signals	:	81100044					
					CLI address signals	:	12345678					
IAI	2	1	28		7-243-2		0-13-6	84		BTUP	4<B	01:07:39'
					Backward Sequence Number	:	29					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	32					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	21					
					Spare	:						
					Called address signals	:	81100044					
					CLI address signals	:	4912345678					
ACM	1	4	28		0-13-6		7-243-2	84		BTUP	4>A	01:07:39'
					Backward Sequence Number	:	32					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	30					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	8					
					Spare	:						

ACM	1	4	21	7-243-2	0-12-4 84	BTUP 4<B 01:07:39'
				Backward Sequence Number	: 30	
				Backward Indicator Bit	: 1	
				Forward Sequence Number	: 33	
				Forward Indicator Bit	: 1	
				Length Indicator	: 8	
				Spare	:	
ANC	1	6	28	0-13-6	7-243-2 84	BTUP 4>A 01:07:39'
				Backward Sequence Number	: 33	
				Backward Indicator Bit	: 1	
				Forward Sequence Number	: 31	
				Forward Indicator Bit	: 1	
				Length Indicator	: 7	
				Spare	:	
ANC	1	6	21	7-243-2	0-12-4 84	BTUP 4<B 01:07:39'
				Backward Sequence Number	: 31	
				Backward Indicator Bit	: 1	
				Forward Sequence Number	: 34	
				Forward Indicator Bit	: 1	
				Length Indicator	: 7	
				Spare	:	

CALL RELEASE:

MSG	CODE	--CIC-	SLS	----	OPC----	----	DPC--	SIO	L2SF	TYPE	Dir	HH:MM:SS:

CLF	4	6	21		0-12-4		7-243-2 84				BTUP 4>A	01:07:49'
					Backward Sequence Number	:	34					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	32					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	7					
					Spare	:						
CLF	4	6	28		7-243-2		0-13-6 84				BTUP 4<B	01:07:49'
					Backward Sequence Number	:	32					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	35					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	7					
					Spare	:						
RLG	1	7	21		7-243-2		0-12-4 84				BTUP 4<B	01:07:49'
					Backward Sequence Number	:	32					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	36					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	7					
					Spare	:						
RLG	1	7	28		0-13-6		7-243-2 84				BTUP 4>A	01:07:49'
					Backward Sequence Number	:	35					
					Backward Indicator Bit	:	1					
					Forward Sequence Number	:	33					
					Forward Indicator Bit	:	1					
					Length Indicator	:	7					
					Spare	:						

Liite 2.

TUP-SIGNALOINTI

PSTN-puhelun aloitussanoma:

IAI - Initial Address Message With Additional Information

Message Type	: Init. Adr. msg. w. add. Inf.
0	-0011111 Backward Sequence Number : 31
	1----- Backward Indicator Bit : 1
1	-0011101 Forward Sequence Number : 29
	1----- Forward Indicator Bit : 1
2	--010111 Length Indicator : 20
	00----- Spare :
3	----0100 Service Indicator : Telephone User Part
	--00---- Sub-Service: Priority : Spare/priority 0 (U.S.A. only)
	10----- Sub-Service: Network Ind : National message
4	***** Destination Point Code : 7-243-2
	***** Originating Point Code : 0-12-4
	***** Circuit Ident Code : 21
9	----0001 Heading code 0 : 0x1
	0010---- Heading code 1 : 0x2
10	--000000 Calling Party Category : Unknown source
	00----- Spare :
11	-----00 Nature of address indic : Subscriber number
	-----00-- Nature of circuit indic : No satellite circuit
	--00---- Cont. check ind./Spare : Cont. check not requ./Spare
	-0----- Echo-suppressor indicator : No outgoing half echo suppr
	0----- Incoming intern call ind : Call other than intern incom
12	-----0 Redir. call ind./Spare : Not a redir. call/Spare
	-----0-- All-digital-path-req ind : Ordinary call
	----1--- Signalling path indicator : All signal system No.7 path
	----0--- Spare :
	1000---- Number of address signals : 8
13	***** Called address signals : 81100044

16	*****
17	-----0 Net/user facilit info ind : Net cap, facility info not inc
	-----0- Closed user grp info ind : Closed user grp info not incl
	-----0-- Addit call party info ind : Addit call party info not incl
	-----0--- Addit routing info ind : Addit routing info not incl
	---1---- Calling line identity ind : Calling line identity included
	--0----- Original called addr ind : Orig called address not incl
	-0----- Charging info indicator : Charging info not included
	0----- Second octet :
18	-----10 CLI nature of address ind : National significant number
	-----1-- CLI presentation indic : CLI presentation restricted
	-----0--- Incomplete CLI indicator : No indication
	1000---- CLI number of address sig : 8
19	***** CLI address signals : 12345678

22	*****

Liite 3.

TUP-SIGNALOINTI

PSTN-puhelun purkusanoma:

CLF – Clear Forward Signal

	<u>Message Type</u>	<u>: Clear Forward signal</u>
0	-0100010 Backward Sequence Number	: 34
	1----- Backward Indicator Bit	: 1
1	-0100000 Forward Sequence Number	: 32
	1----- Forward Indicator Bit	: 1
2	--000111 Length Indicator	: 7
	00----- Spare	:
3	----0100 Service Indicator	: Telephone User Part
	--00---- Sub-Service: Priority	: Spare/priority 0 (U.S.A. only)
	10----- Sub-Service: Network Ind	: National message
4	***** Destination Point Code	: 7-243-2
	***** Originating Point Code	: 0-12-4
	***** Circuit Ident Code	: 21
9	----0110 Heading code 0	: 0x6
	0100---- Heading code 1	: 0x4

Liite 4.

TRANSIT-PUHELUN SANOMAVIRTA (CALL FLOW)

ISUP-SIGNALOINTI

Suodatustaso (näytettävät kentät YKM-kerroksilla):

- Taso 2 näytetty kokonaan
- Tasolla 4 näytetty A- ja B-numerot

CALL SETUP:

MSG	CODE	--CIC-	SLS	----OPC----	----DPC--	SIO	L2SF	TYPE	Dir	HH:MM:SS:
IAM	01	1	0	0-25-0	7-243-2	C5		WISU	4>A	01:15:55'
				Backward Sequence Number	: 17					
				Backward Indicator Bit	: 0					
				Forward Sequence Number	: 18					
				Forward Indicator Bit	: 1					
				Length Indicator	: 31					
				Spare	:					
				Called Address Signals	: 81000001					
				Calling Address Signals	: 12345678					
IAM	01	8	8	7-243-2	0-26-2	C5		WISU	4<B	01:16:00'
				Backward Sequence Number	: 18					
				Backward Indicator Bit	: 1					
				Forward Sequence Number	: 18					
				Forward Indicator Bit	: 0					
				Length Indicator	: 44					
				Spare	:					
				Called Address Signals	: 81000001					
				Calling Address Signals	: 12345678					
ACM	06	8	0	0-26-2	7-243-2	C5		WISU	4>A	01:16:00'
				Backward Sequence Number	: 18					
				Backward Indicator Bit	: 0					
				Forward Sequence Number	: 19					
				Forward Indicator Bit	: 1					
				Length Indicator	: 11					
				Spare	:					
ACM	06	1	1	7-243-2	0-25-0	C5		WISU	4<B	01:16:00'
				Backward Sequence Number	: 19					
				Backward Indicator Bit	: 1					
				Forward Sequence Number	: 19					
				Forward Indicator Bit	: 0					
				Length Indicator	: 11					
				Spare	:					
ANM	09	8	0	0-26-2	7-243-2	C5		WISU	4>A	01:16:00'
				Backward Sequence Number	: 19					
				Backward Indicator Bit	: 0					
				Forward Sequence Number	: 20					
				Forward Indicator Bit	: 1					
				Length Indicator	: 14					
				Spare	:					

ANM	09	1	1	7-243-2	0-25-0	C5	WISU 4<B 01:16:00'
				Backward Sequence Number	:	20	
				Backward Indicator Bit	:	1	
				Forward Sequence Number	:	20	
				Forward Indicator Bit	:	0	
				Length Indicator	:	14	
				Spare	:		

CALL RELEASE:

MSG	CODE	--CIC-	SLS	----	OPC----	----	DPC--	SIO	L2SF	TYPE	Dir	HH:MM:SS:
REL	0C	1	0		0-25-0		7-243-2	C5		WISU 4>A	01:16:06'	
				Backward Sequence Number	:	20						
				Backward Indicator Bit	:	0						
				Forward Sequence Number	:	21						
				Forward Indicator Bit	:	1						
				Length Indicator	:	14						
				Spare	:							
REL	0C	8	8		7-243-2		0-26-2	C5		WISU 4<B	01:16:06'	
				Backward Sequence Number	:	21						
				Backward Indicator Bit	:	1						
				Forward Sequence Number	:	21						
				Forward Indicator Bit	:	0						
				Length Indicator	:	13						
				Spare	:							
RLC	10	1	1		7-243-2		0-25-0	C5		WISU 4<B	01:16:06'	
				Backward Sequence Number	:	21						
				Backward Indicator Bit	:	1						
				Forward Sequence Number	:	22						
				Forward Indicator Bit	:	0						
				Length Indicator	:	9						
				Spare	:							
RLC	10	8	0		0-26-2		7-243-2	C5		WISU 4>A	01:16:06'	
				Backward Sequence Number	:	22						
				Backward Indicator Bit	:	0						
				Forward Sequence Number	:	22						
				Forward Indicator Bit	:	1						
				Length Indicator	:	9						
				Spare	:							

Liite 5.

ISUP-SIGNALOINTI

PSTN-puhelun aloitussanoma:

IAM – Initial Address Message

	Message Type	: Initial Address
0	-0010001 Backward Sequence Number	: 17
	0----- Backward Indicator Bit	: 0
1	-0010010 Forward Sequence Number	: 18
	1----- Forward Indicator Bit	: 1
2	--100010 Length Indicator	: 31
	00----- Spare	:
3	----0101 Service Indicator	: ISDN User Part
	--00---- Sub-Service: Priority	: Spare/priority 0 (U.S.A. only)
	11----- Sub-Service: Network Ind	: National use
4	***** Destination Point Code	: 7-243-2
	***** Originating Point Code	: 0-25-0
	***** Signalling Link Selection	: 0
8	***** Circuit Ident Code	: 1
	0000---- Spare	:
10	00000001 Message Type	: 0x1
11	-----00 Satellite Indicator	: No satellite circuit
	----00-- Continuity Chk Indicator	: Cont Check not required
	---0---- Echo Control Device Ind	: O/G half echo ctrl not incl
	000----- Spare	:
12	-----0 Nat./Internat. Indicator	: Treat as a national call
	----00- End-to-End Method Ind	: No end-to-end method available
	----0--- Interworking Indicator	: No interworking encountered
	---0---- End/End Information Ind	: No end-to-end info available
	--1----- ISDN User Part Indicator	: ISDN-UP used all the way
	01----- ISDN-UP Preference Ind	: ISDN-UP not reqd all the way
13	-----1 ISDN Access Indicator	: Originating access ISDN
	----00- SCCP Method Indicator	: No indication
	00000--- Spare	:
14	00001010 Calling Party's Category	: Ordinary calling subscriber
15	00000000 Transmission Medium Req	: Speech
16	00000010 Pointer to parameter	: Called party number
17	00001000 Pointer to optional part	: 8
	Called party number	
18	00000110 Parameter Length	: 6
19	-0000011 Nature of Address	: Subscriber number
	0----- Odd/Even Indicator	: Odd number of address signals
20	----0000 Spare	:
	-001---- Numbering Plan Indicator	: ISDN Nr.plan (E.164)
	0----- Internal Network No. Ind	: Routing to INN allowed
21	***** Called Address Signals	: 81000001

24	*****	
	Calling party number	
25	00001010 Parameter Name	: Calling Party Number
26	00000111 Parameter Length	: 6
27	-0000011 Nature of Address	: National (significant) number
	0----- Odd/Even Indicator	: Even number of address signals
28	-----00 Screening Indicator	: User provided
	----00-- Presentation Restr. Ind	: Presentation allowed
	-001---- Numbering Plan Indicator	: ISDN Nr.plan (E.164)
	0----- Callg No. Incomplete Ind	: Complete
29	***** Calling Address Signals	: 12345678

32	*****	
	End of optional parameters	
33	00000000 Parameter name	: End of Optional Params

Liite 6.

ISUP-SIGNALOINTI

PSTN-puhelun purkusanoma:

REL – Release

	<u>Message Type</u>	<u>: Release</u>
0	-0010100 Backward Sequence Number	: 20
	0----- Backward Indicator Bit	: 0
1	-0010101 Forward Sequence Number	: 21
	1----- Forward Indicator Bit	: 1
2	--001110 Length Indicator	: 14
	00----- Spare	:
3	----0101 Service Indicator	: ISDN User Part
	--00---- Sub-Service: Priority	: Spare/priority 0 (U.S.A. only)
	11----- Sub-Service: Network Ind	: National use
4	***** Destination Point Code	: 7-243-2
	***** Originating Point Code	: 0-25-0
	***** Signalling Link Selection	: 0
8	***** Circuit Ident Code	: 1
	0000---- Spare	:
10	00001100 Message Type	: 0xC
11	00000010 Pointer to parameter	: Cause indicators
12	00000100 Pointer to optional part	: 4
	Cause indicators	
13	00000010 Parameter Length	: 2
14	----0000 Location	: User
	---0---- Spare	:
	-00----- Coding Standard	: CCITT standard
	1----- Extension Indicator 1	: Last octet
15	-0010000 Cause Value	: Normal call clearing
	1----- Extension Indicator 2	: Last octet
	End of optional parameters	
16	00000000 Parameter name	: End of Optional Params

Liite 7.

Liikenne- ja merkinantokuormitus EWSD-keskuksessa
TUP-merkinannolla 5 minuutin mittausjakson aikana

Lähtö-kauttakukkeskus					REC C7LLOAD				REC GP		REC CP	
Switching time:	1s	LPRIO6			MSU-sanomat		SIO&SIF-oktetit		Laskettu intensiteetti [mErl]	Load [mErl]	Carried traffic [mErl]	Total intensity [mErl]
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion	tx	rx	tx	rx				
2,5	9 000	739	12	0	2 219 / 1 492		16 282 / 20 209		24			
2,6	9 500	792	0	1								
2,8	10 000	834	0	1	2 498 / 1 666		18 328 / 22 480		27	148	20	164
4,2	15 000	1250	0	0								
5,6	20 000	1665	0	0								
6,9	25 000	2083	0	0	6 249 / 4 169		45 835 / 56 277		69	192	51	198
8,3	30 000	2498	2	1						236	60	210
9,7	35 000	2702	213	1	8 123 / 5 622		59 578 / 77 225		91	236	68	214
11,1	40 000	2710	562	61								
12,5	45 000	2714	593	444	8 144 / 6 023		59 732 / 85 154		96			
13,9	50 000	2709	617	840	8 142 / 6 043		59 718 / 85 554		96	226	65	217

Switching time:	1s	LPRIO3		
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion
2,5	9 000	737	13	0
2,6	9 500	761	31	0
2,8	10 000	767	66	0
4,2	15 000	759	491	0
5,6	20 000	740	664	263
6,9	25 000	718	806	559
8,3	30 000	732	870	895
9,7	35 000			
11,1	40 000	734	992	1601
12,5	45 000			
13,9	50 000			

LPRIO = Määritettävä ylikuormarajoitus

Passed = Onnistunut puhelu (oikeat sanomat)

Failed = Epäonnistunut puhelu-hallittu release (väärä sanoma, timer luenut)

InConclusion = Epäonnistunut puhelu (ei vastausta sanomaan ylikuorman takia)

Switching time:	1s	LPRIO1		
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion
2,5	9 000	737	13	0
2,6	9 500	761	31	1
2,8	10 000	768	66	0
4,2	15 000	777	473	1
5,6	20 000	733	689	24
6,9	25 000	715	806	558
8,3	30 000	734	868	896
9,7	35 000			
11,1	40 000	730	992	1608
12,5	45 000			
13,9	50 000	763	1054	2346

Liite 8.

Liikenne- ja merkinantokuormitus EWSD-keskuksessa
ISUP-merkinannolla 5 minuutin mittausjakson aikana

Lähtö-kauttakulkukeskus					REC C7LLOAD				REC GP	REC CP		
Switching time:	1s	LPRI06			MSU-sanomat		SIO&SIF-oktetit		Laskettu intensiteetti	Load	Carried	Total
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion	tx	rx	tx	rx	[mErl]	[mErl]	traffic [mErl]	intensity [mErl]
2,5	9 000	748	1	0	2 246 / 1 499		25 462 / 32 965		34			
2,6	9 500	792	0	0								
2,8	10 000	833	0	1	2 498 / 1 666		28 318 / 36 630		37	156	20	164
4,2	15 000	1 250	0	0								
5,6	20 000	1 666	1	0								
6,9	25 000	2 079	1	0	6 235 / 4 160		70 665 / 91 516		94	216	51	248
8,3	30 000	2 492	0	1						228	60	211
9,7	35 000	2 592	325	1	8 127 / 5 638		91 921 / 125 448		125	246	65	211
11,1	40 000	2 547	482	296								
12,5	45 000	2 554	560	632	8 193 / 5 877		92 471 / 132 320		129			
13,9	50 000	2 554	581	1 030	8 231 / 5 837		93 114 / 131 179		129	247	65	211

Switching time: 1s		LPRI03			
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion	
2,5	9 000	750	0	0	
2,6	9 500	761	31	0	
2,8	10 000	768	66	0	
4,2	15 000	718	505	26	
5,6	20 000	778	885	0	
6,9	25 000	769	1 177	135	
8,3	30 000	755	1 335	407	
9,7	35 000				
11,1	40 000	755	1 577	997	
12,5	45 000				
13,9	50 000				

LPRI0 = Määritettävä ylikuormarajoitus

Passed = Onnistunut puhelu (oikeat sanomat)

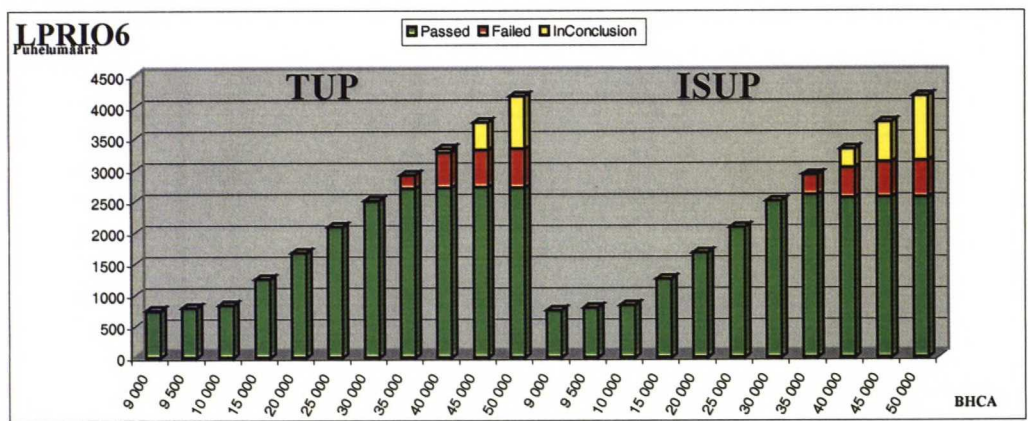
Failed = Epäonnistunut puhelu-hallittu release (väärä sanoma, timer laennut)

InConclusion = Epäonnistunut puhelu (ei vastausta sanomaan ylikuorman takia)

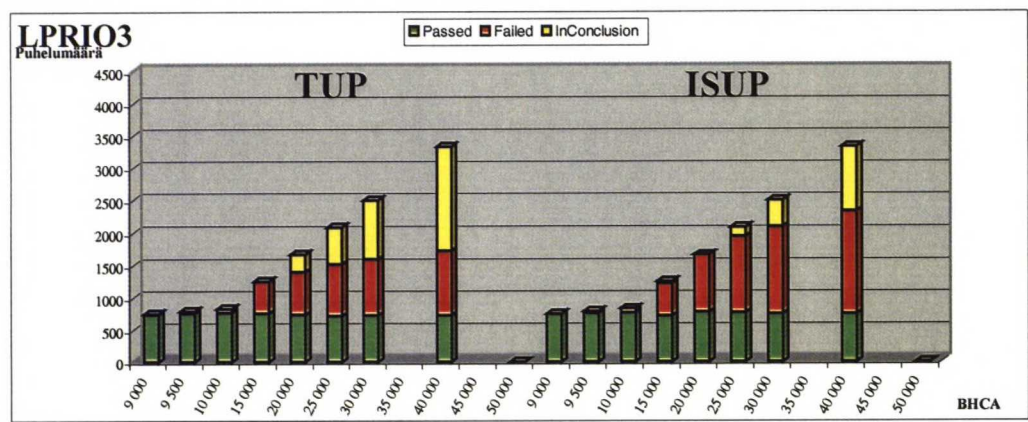
Switching time: 1s		LPRI01			
puhelua/s	BHCA	Passed	Failed	In Conclusion	
2,5	9 000	747	2	1	
2,6	9 500	761	31	1	
2,8	10 000	768	66	0	
4,2	15 000	762	486	1	
5,6	20 000	779	889	1	
6,9	25 000	768	1 175	136	
8,3	30 000	752	1 334	408	
9,7	35 000				
11,1	40 000	772	1 552	1 003	
12,5	45 000				
13,9	50 000	778	1 628	1 755	

Liite 9.

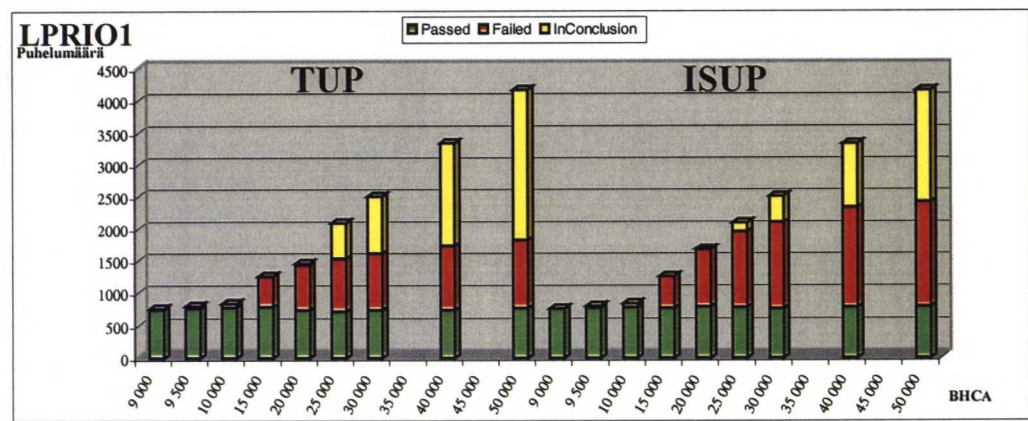
Puheluyritysten vertailu LTG:n ylikuormavaroitustasolla LPRIO6



Puheluyritysten vertailu LTG:n ylikuormavaroitustasolla LPRIO3



Puheluyritysten vertailu LTG:n ylikuormavaroitustasolla LPRIO1



Liite 10.

CML-komennon ENTR TGDAT parametrit johtojen ylikuormaprioriteetin hallintaan

```

ENTR TGDAT
-----
ENTER TRUNK GROUP DATA
This command
- assigns further classes of service to a trunk group or replaces
  classes of service which already exist
- enters a blocking for the trunk group.
Prerequisites:
- The specified classes of service must be permissible for the
  trunk group,
- The specified classes of service are compatible with each other
  and with any other classes of service present.
If the command execution is interrupted by a NSTART-recovery and
the modification of trunk group data is not performed successfully
(check via command DISP TGRP) the command entry must be repeated.
This command is normally logged.
THIS COMMAND HAS FOLLOWING INPUT FORMATS :
1.  ENTR TGDAT   - BSBW      BASE STATION BOTHWAY TGRP
2.  ENTR TGDAT   - BSIC      BASE STATION INCOMING TGRP
3.  ENTR TGDAT   - BSOG      BASE STATION OUTGOING TGRP
4.  ENTR TGDAT   - CCSLGRP   COMMON CHANNEL SIGN. LINK GRP
5.  ENTR TGDAT   - CCS7BW    CCS7 BOTHWAY TGRP
6.  ENTR TGDAT   - CCS7IC    CCS7 INCOMING TGRP
7.  ENTR TGDAT   - CCS7OG    CCS7 OUTGOING TGRP
8.  ENTR TGDAT   - ECDPGBW   EXTERNAL POOL BOTHWAY TGRP
9.  ENTR TGDAT   - ECDPGIC   EXTERNAL POOL INCOMING TGRP
10. ENTR TGDAT   - ECDPGOG   EXTERNAL POOL OUTGOING TGRP
11. ENTR TGDAT   - IWTGRP    INTERWORKING TGRP
12. ENTR TGDAT   - ORDINABW  ORDINARY BOTHWAY TGRP
13. ENTR TGDAT   - ORDINAIC  ORDINARY INCOMING TGRP
14. ENTR TGDAT   - ORDINAOG  ORDINARY OUTGOING TGRP
15. ENTR TGDAT   - ROTL     REMOTE TEST EQUIPMENT TGRP
      :
      :
5.  Input format
CCS7 BOTHWAY TGRP
This input format is entered for bothway trunk groups with CCS7-
user part signaling:
      GCOS=CCS7IUP
      GCOS=CCS7IIMT
      GCOS=CCS7IANS
      GCOS=CCS7IR0
      GCOS=CCS7IR1
      GCOS=CCS7IR2
      GCOS=CCS7TUP
      GCOS=CCS7TUPP
      GCOS=CCS7TCEL
      GCOS=CCS7TSFR
      GCOS=CCS7TCHN
      GCOS=CCS7TR0
      GCOS=CCS7TR1
      GCOS=CCS7TR2
-----
ENTR TGDAT :      TGNO=      < ,GCOS=      ,BLK=>      ;
-----

Input parameter
TGNO      TRUNK GROUP NUMBER
          This parameter only accepts a single value entry.
          1...6 characters from the
          symbolic name character set
GCOS      GROUP CLASSES OF SERVICE
          This parameter allows entry of a single value, or
          of multiple values linked with &.
          :
          :
          LPRIO0      OVERLOAD PRIORITY 00
          ||          || The parameter values in this group control the

```

E N D